



TUGAS AKHIR – RC141501

**PERENCANAAN PENANGGULANGAN
BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI
PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR**

ANINDA RAHMANINGTYAS
NRP 3113 100 014

Dosen Pembimbing :
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA
PASURUAN, JAWA TIMUR**

ANINDA RAHMANINGTYAS
NRP 3113 100 014

Dosen Pembimbing
Dr. Techn. Umboro Lasmino, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT-RC14-1501

**FLOOD MITIGATION PLANNING DUE TO
OVERFLOW OF PETUNG RIVER, PASURUAN CITY,
EAST JAVA**

ANINDA RAHMANINGTYAS
NRP 3113 100 014

Supervisor
Dr. Techn. Umboro Lasmino, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANINDA RAHMANINGTYAS

Nrp. 3113 100 014

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc
2. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.



SURABAYA, JULI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Aninda Rahmaningtyas

NRP : 3113100014

Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS

**Dosen Pembimbing : Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.**

Abstrak

Kota Pasuruan berada di jalur utama pantai utara yang menghubungkan Pulau Jawa dan Pulau Bali. Terdapat tiga sungai yang melewati Kota Pasuruan, salah satunya Sungai Petung. Ketika musim hujan tiba, beberapa daerah di Kota Pasuruan tergenang akibat luapan Sungai Petung. Genangan terbesar terjadi setinggi 1,50 meter dan alur pantura tidak dapat dilalui kendaraan.

Permasalahan ini diselesaikan dengan cara melakukan analisis hidrologi, hidrolika, dan perencanaan bangunan pengendali banjir. Analisis hidrologi berupa cara mengolah data hujan, hingga diperoleh debit banjir rencana 25 tahunan. Analisis hidrolika berupa pengolahan data pasang surut yang kemudian dilakukan simulasi dengan program bantu HEC-RAS untuk mengetahui kapasitas Sungai Petung. Data yang dibutuhkan untuk simulasi HEC-RAS antara lain data pasang surut, debit banjir rencana 25 tahunan, dan detail cross section Sungai Petung. Setelah diketahui kapasitas Sungai Petung, maka langkah selanjutnya merencanakan bangunan penanggulangan banjir.

Dari hasil simulasi diketahui bahwa terjadi luapan dari STA 134-0. Bangunan pengendali banjir yang digunakan berupa tanggul. Direncanakan tanggul sepanjang 5,93 km dengan kemiringan lereng tanggul 1:1, lebar mercu sebesar 3 meter, tinggi tanggul mulai dari 3 sampai 5 meter, dan tinggi jagaan sebesar 0,80 meter dari Sta 134 – Sta 0. Sehingga luapan Sungai Petung dapat ditanggulangi.

Kata kunci : Banjir, Tanggul, Sungai Petung, HEC-RAS

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

***FLOOD MITIGATION PLANNING DUE TO
OVERFLOW OF PETUNG RIVER, PASURUAN CITY,
EAST JAVA***

Name : Aninda Rahmaningtyas
NRP : 3113100014
Department : Civil Engineering
Supervisor : Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

Abstrac

Pasuruan City located on the main coastal route connecting Java Island and Bali Island. There are three rivers that pass through Pasuruan City, one of them Petung River. When the rainy season arrives, some areas in the city of Pasuruan flooded due to overflow Petung River. The largest puddle occurred as high as 1.50 meters and Pantura lane can not pass the vehicle.

This problem is solved by conducting hydrological, hydraulic, and design flood protection. Hydrology analysis is a way to process rain data, to be obtained flood discharge 25-year plan. Hydrolic analysis in the form of tidal data processing which then conducted simulation with HEC-RAS to know the capacity of Petung River. The data required for HEC-RAS simulation are tidal data, 25 year annual floodplain discharge, and detail cross section of Petung River. Once the capacity of Petung River is known, the next step is to design flood protection.

From the simulation results it is known that the overflow from STA 134-0. The flood protection structure used in the form of embankment. It is planned to have a 5.93 km dike with a slope of 1: 1 embankment, 3 meters wide, 3 to 5 meters of embankment height, and a height of 0.80 meters from Sta 134 - Sta 0. So that the Petung River flood can be solved.

Keywords : Flood, Dike, Petung River

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. dan Ir. Bambang Sarwono, M.Sc selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini
3. Bapak Puguh Widodo dan Ibu Siti Mariyam selaku orang tua serta Raditya Azka Permana selaku adik yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir
4. Seluruh civitas akademika di Jurusan Teknik Sipil yang memberikan motivasi dan bantuan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini

Penulis berusaha untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya dan menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Karena itu, segala bentuk saran, koreksi maupun kritik dari pembaca sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Analisis Hidrologi.....	5
2.1.1 Penentuan Hujan Wilayah.....	5
2.1.2 Analisis Hujan Rencana.....	6
2.1.2.1 Analisis Tendensi Sentral	6
2.1.2.2 Analisis Dispersi.....	7
2.1.2.3 Aplikasi Distribusi Probabilitas Kontinu.....	11
2.1.2.4 Parameter Penentuan Distribusi.....	18
2.1.2.5 Uji Kecocokan.....	19
2.2 Analisis Debit Banjir Rencana.....	22
2.2.1 Koefisien Pengaliran (C).....	22
2.2.2 Unit <i>Hydrograph</i>	23
2.2.3 Hidrograf Sintesis Satuan	23
2.3 Analisis Hidrolika.....	26
2.3.1 Analisis Pasang Surut.....	26
2.3.2 Nilai Manning (n)	39
2.4 Perencanaan Penanggulangan Banjir dengan Tanggul	40
2.4.1 Lebar Mercu Tanggul.....	40
2.4.2 Tinggi Jagaan.....	40
2.5 Program bantu HEC-RAS.....	41
BAB III METODOLOGI.....	43

3.1	Studi Literatur.....	43
3.2	Studi Lapangan.....	43
3.3	Pengumpulan Data.....	44
3.4	Analisis Data.....	44
3.5	Evaluasi.....	45
3.6	Perencanaan.....	45
3.7	Kesimpulan.....	46
3.8	Diagram Alir.....	47
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Analisis Hidrologi.....	49
4.1.1	Penentuan Hujan Wilayah.....	49
4.1.2	Analisis Parameter Statistik.....	52
4.1.2.1	Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel.....	53
4.1.2.2	Distribusi Log Pearson III dan Log Normal.....	54
4.1.3	Penentuan Uji Distribusi.....	55
4.1.4	Uji Kecocokan Parameter Distribusi.....	56
4.1.4.1	Uji <i>Chi-Square</i>	56
4.1.4.2	Uji Smirnov Kolmogorov.....	58
4.1.4.3	Kesimpulan Analisis Frekuensi.....	60
4.1.5	Analisis Debit Banjir Rencana.....	61
4.1.5.1	Analisis Debit Banjir dengan Metode Nakayasu.....	61
4.1.5.2	Nilai Koefisien Pengaliran (C).....	66
4.1.5.3	Perhitungan Curah Hujan Efektif.....	67
4.1.5.4	Perhitungan Hujan Jam-Jaman.....	68
4.1.5.5	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	69
4.2	Analisis Hidrolika.....	76
4.3	Permodelan dengan Program Bantu HEC-RAS.....	90
4.4	Rencana Penanggulangan Banjir	95
BAB V KESIMPULAN.....		97
5.1	Kesimpulan.....	97
5.2	Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA.....		99
LAMPIRAN.....		101
BIODATA PENULIS.....		181

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Genangan Kota Pasuruan.....	2
Gambar 2.1 Metode Polygon Thiessen.....	6
Gambar 2.2 Kurva Simetri.....	9
Gambar 2.3 Kurva Tidak Simetri.....	10
Gambar 2.4 Hidrograf.....	23
Gambar 2.5 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir.....	47
Gambar 4.1 Peta Daerah Aliran Sungai Petung.....	49
Gambar 4.2 Pembuatan <i>Polygon</i> Thiessen pada Daerah Aliran Sungai Petung.....	50
Gambar 4.3 Luas yang Berpengaruh Tiap Stasiun Hujan.....	51
Gambar 4.4 Koefisien Pengaliran Kota/Kabupaten Pasuruan.....	66
Gambar 4.5 Keterangan Jenis Nilai C	66
Gambar 4.6 Peta Laut	89
Gambar 4.7 <i>Setting Unit System</i> pada HEC-RAS.....	90
Gambar 4.8 Pilihan Menu untuk Input Data <i>Cross Section</i> dan Jembatan pada Sungai Petung.....	91
Gambar 4.9 <i>Cross Section</i> Sungai Petung P.58B pada Program Bantu HEC-RAS.....	92
Gambar 4.10 <i>Input Unsteady Flow Data</i> Bagian Hulu dengan Debit Banjir Rencana Nakayasu.....	93
Gambar 4.11 <i>Input Unsteady Flow Data</i> Bagian Hilir Menggunakan Data pasang Surut.....	93
Gambar 4.12 Hasil <i>Running Unsteady Flow</i> Sungai Petung dengan Program Bantu HEC-RAS.....	94
Gambar 4.13 Hasil <i>Running Unsteady Flow</i> pada Sungai Petung STA 134 dengan program bantu HEC-RAS.....	94
Gambar 4.14 Hasil Simulasi dengan <i>Levee</i> pada STA 134-0....	95

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	12
Tabel 2.2 Hubungan Periode Ulang (T) dengan Reduksi Variat dari Variabel (Y).....	13
Tabel 2.3 Hubungan Reduksi Variant Rata-rata (\bar{Y}_n) dengan Jumlah Data.....	13
Tabel 2.4 Hubungan antara Deviasi Standard an Reduksi Variat dengan Jumlah Data.....	14
Tabel 2.5 Nilai k Distribusi Pearson III dan Log Pearson III.....	17
Tabel 2.6 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	18
Tabel 2.7 Nilai Kritis D_o untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....	21
Tabel 2.8 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional (C).....	22
Tabel 2.9 Konstanta Pengali untuk Menyusun Skema-II.....	27
Tabel 2.10 Faktor Analisa untuk Pengamatan 29 Hari.....	28
Tabel 2.11 Konstanta Pengali Skema –IV.....	29
Tabel 2.12 Periode dan Amplitudo Relatif dari Tujuh Konstituen Utama Pasang Surut.....	34
Tabel 2.13 Faktor Analisa untuk Pengamatan 29 Hari.....	36
Tabel 2.14 Tabel Skema VII dan VIII.....	37
Tabel 2.15 Elevasi Penting Pasang Surut.....	38
Tabel 2.16 Koefisien Manning untuk HEC-RAS.....	39
Tabel 2.17 Lebar Mercu Tanggul.....	40
Tabel 2.18 Hubungan antara Debit Banjir Rencana dengan Tinggi Jagaan Sungai.....	41
Tabel 4.1 Luasan yang Mewakili Setiap Stasiun.....	51
Tabel 4.2 Tinggi Hujan Harian Maksimum Tiap Tahun.....	52
Tabel 4.3 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel.....	53
Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Log Normal.....	55
Tabel 4.5 Penentuan Uji Distribusi Berdasarkan Parameter Yang Digunakan.....	55
Tabel 4.6 Perhitungan Pengujian Parameter Uji Chi-Square	

untuk Distribusi Log Pearson III.....	58
Tabel 4.7 Perhitungan Pengujian Parameter Uji Smirnov- Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson III.....	59
Tabel 4.8 Tinggi Hujan Rencana Tiap Periode Ulang.....	60
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Qt dengan Metode Nakayasu.....	62
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Hidrograf Asli.....	64
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Hidrograf Terkoreksi.....	65
Tabel 4.12 Nilai Koefisien Pengaliran pada DAS Petung.....	67
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif.....	68
Tabel 4.14 Hujan Jam-Jaman DAS Petung.....	68
Tabel 4.15 Rekapitulasi Debit Koreksi Metode Nakayasu.....	69
Tabel 4.16 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 5 Tahunan.....	70
Tabel 4.17 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 10 Tahunan.....	71
Tabel 4.18 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 20 Tahunan.....	72
Tabel 4.19 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 25 Tahunan.....	73
Tabel 4.20 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 50 Tahunan.....	74
Tabel 4.21 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 100 Tahunan....	75
Tabel 4.22 Contoh Perhitungan X1 Tanggal 1 Januari 2017.....	76
Tabel 4.23 Rekap Perhitungan Skema-III (Januari 2017).....	79
Tabel 4.24 Hasil Penyusunan untuk Skema-IV.....	80
Tabel 4.25 Faktor Analisa untuk Pengamatan 29 Hari.....	87
Tabel 4.26 Tabel Skema VII dan VIII.....	88

BAB I

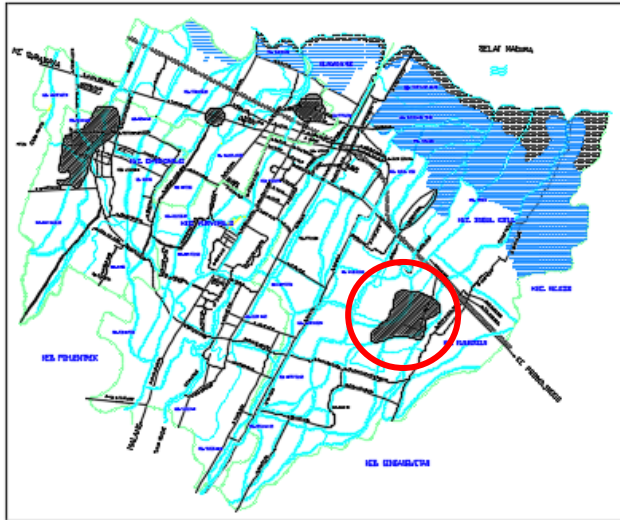
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Pasuruan terletak 60 km di sebelah tenggara Surabaya dan memiliki luas 147 km². Kota Pasuruan berada di jalur utama pantai utara yang menghubungkan Pulau Jawa dan Pulau Bali. Pada tanggal 11 Oktober 2016 jalur yang menghubungkan kota Pasuruan terputus, akibatnya bus, truk, dan kendaraan pribadi yang menuju probolinggo dari arah Surabaya dan Pasuruan tidak dapat dilalui. Hal ini dikarenakan terjadinya genangan ketika curah hujan yang cukup tinggi di wilayah tersebut.

Data dari Dinas Pekerjaan Umum bagian Drainase menunjukkan terdapat empat titik genangan dan salah satunya di kawasan timur Kota Pasuruan (gambar 1.1). Di kawasan Timur Kota Pasuruan terdapat Sungai Petung yang berpengaruh terhadap terjadinya genangan di daerah tersebut. Luas genangannya sebesar 4,32 Ha. Terdapat dua kemungkinan penyebab terjadinya genangan. Pertama, kapasitas Sungai Petung yang tidak mampu menerima debit banjir saat ini. akibat elevasi pembuang yang lebih rendah mengakibatkan *backwater* pada Sungai Petung akibat pasang surut air laut.

Upaya untuk mengatasi masalah genangan yang terjadi yaitu dengan merencanakan jaringan drainase di daerah aliran Sungai Petung, Kota Pasuruan agar mampu menerima debit banjir yang terjadi. Dengan merencanakan jaringan drainase diharapkan air hujan dapat ditampung pada saluran drainase dan selanjutnya dialirkan menuju Sungai Petung tanpa terjadi genangan. Oleh karena itu Tugas Akhir ini dibuat.



Gambar 1.1 Peta Genangan Kota Pasuruan
(PU Kota Pasuruan, 2012)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, diperoleh perumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa pengaruh hujan pada debit Sungai Petung?
2. Bagaimana kapasitas Sungai Petung terhadap debit banjir rencana?
3. Apa solusi pengendalian banjir yang dapat digunakan pada Sungai Petung?
4. Bagaimana kondisi Sungai Petung dalam mengalirkan debit banjir rencana setelah solusi penanggulangan banjir diterapkan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Tidak memperhitungkan dampak sosial-ekonomi.

2. Tidak memperhitungkan *bill of quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).
3. Tidak memperhitungkan air kotor dan air limbah
4. Tidak memperhitungkan metode pelaksanaan
5. Tidak memperhitungkan pengaruh angkutan sedimen yang terjadi pada DAS Sungai Petung di Kota Pasuruan.
6. Tidak memperhitungkan stabilitas tanggul.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Mengetahui besarnya pengaruh hujan pada debit Sungai Petung, Kota Pasuruan
2. Mengetahui kapasitas Sungai Petung di Kota Pasuruan terhadap debit banjir rencana
3. Merencanakan solusi penanggulangan banjir yang sesuai pada Sungai Petung, Kota Pasuruan.
4. Mengetahui kondisi Sungai Petung dalam mengalirkan debit banjir rencana setelah solusi penanggulangan banjir diterapkan

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan dari penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Mengevaluasi kondisi eksisting Sungai Petung, Kota Pasuruan.
2. Banjir akibat luapan Sungai Petung, Kota Pasuruan dapat ditanggulangi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan tahapan untuk mengolah data hidrologi yang kemudian di analisa. Data hidrologi yang akan di analisis berupa data hujan Kota Pasuruan dari tahun 1990 – 2016.

2.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (gambar 2.1). Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. (*Suripin, 2003*)

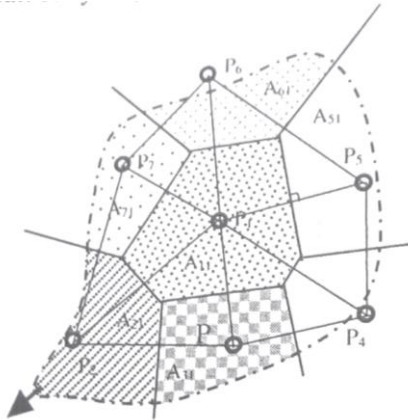
Hasil metode polygon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya. Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (gambar 2.1). Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada didalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjtnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representatif hujan pada kawasan dalam polygon yang bersangkutan.
3. Luas areal pada tiap-tiap polygon dapat diukur dengan plainmeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan polygon.

4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

dimana P_1, P_2, \dots, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1,2,...,n. A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas arela polygon 1,2,..., n. n adalah banyaknya pos penakar hujan. (Suripin,2003)



Gambar 2.1 Metode Poligon Thiessen (Suripin,2003)

2.1.2 Analisis Hujan Rencana

Analisis hujan rencana dilakukan untuk memperoleh tinggi hujan rencana dengan data hujan yang telah diperoleh. Data hujan diolah yang kemudian diperoleh tinggi hujan rencana sesuai periode ulang yang direncanakan.

2.1.2.1 Analisis Tendensi Sentral

Nilai rata-rata (*averages*) dapat merupakan nilai yang dianggap cukup representatif dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata tersebut dianggap sebagai nilai sentral dan dapat dipergunakan untuk pengukuran sebuah distribusi. (Soewarno,1995)

Jenis perhitungan untuk analisis tendensi sentral yang digunakan, yaitu rata-rata hitung (*arithmetic average or mean*).

Jenis rata-rata ini dapat digunakan pada data tidak berkelompok dan data berkelompok.

a. Data Tidak Berkelompok

Rata-rata hitung dari hasil pengukuran variat dengan nilai $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ialah hasil penjumlahan nilai-nilai tersebut dibagi dengan jumlah pengukuran sebesar n . Bila rata-rata hitung dinyatakan sebagai \bar{X} (dibaca X bar), maka nilai yang diberikan adalah (Soewarno, 1995) :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (2.3)$$

Atau dapat ditulis sebagai :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.4)$$

Keterangan :

\bar{X} = rata-rata hitung

n = jumlah data

X_i = nilai pengukuran dari suatu variat

b. Data Berkelompok

Dalam suatu distribusi, apabila datanya disusun bersama-sama dengan frekuensinya maka disebut dengan data yang dikelompokkan (*grouped data*). Rata-rata dari data tersebut adalah jumlah perkalian tiap variat dengan frekuensinya dibagi dengan jumlah frekuensi. Untuk jelasnya dapat dilihat pada rumus 2.5 berikut (Soewarno, 1995) :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (2.5)$$

Keterangan :

\bar{X} = rata-rata hitung

n = jumlah data

f_i = frekuensi ke i

X_i = nilai data ke i

2.1.2.2 Analisis Dispersi

Suatu kenyataan bahwa tidak semua variat dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya akan

tetapi kemungkinan ada nilai variat yang lebih besar atau lebih kecil daripada nilai rata-ratanya. Besarnya derajat dari sebaran variat disekitar nilai rata-ratanya disebut dengan variasi (*variation*) atau disperse (*dispersion*) dari pada suatu suatu data sembarang variabel hidrologi. Cara mengukur besarnya variasi atau dispersi disebut dengan pengukuran variabilitas atau pengukuran disperis. (Soewarno,1995)

a. Deviasi Standar dan Varian

Umumnya ukuran disperse yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar (*standard deviation*) dan varian (*variance*). Varian dihitung sebagai nilai kuadrat dari deviasi standar. Untuk sampel nilai deviasi standar umumnya diberi symbol (S) dan varian adalah (S^2), sedangkan untuk populasi nilai deviasi standar diberi simbol σ (baca : sigma) dan varian (σ^2). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka S akan kecil. Umumnya dihitung dengan rumus sebagai berikut. (Soewarno,1995)

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2.6)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.7)$$

Keterangan :

S = deviasi standar

X_i = nilai variat

\bar{X} = nilai rata-rata

n = jumlah data

S^2 = varian

b. Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (Soewarno, 1995)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.8)$$

Keterangan :

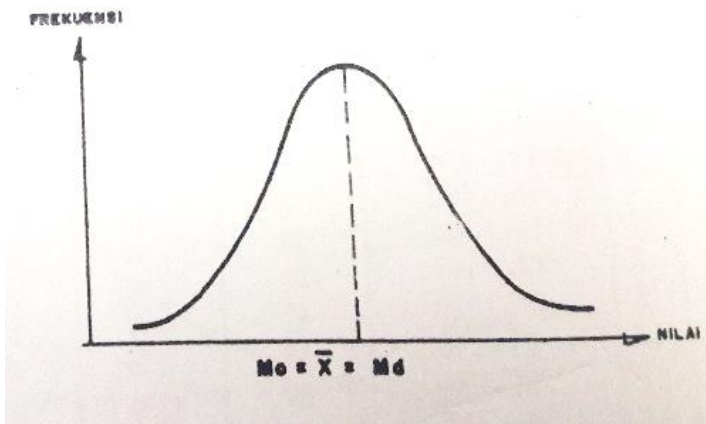
CV = koefisien variasi

S = deviasi standar

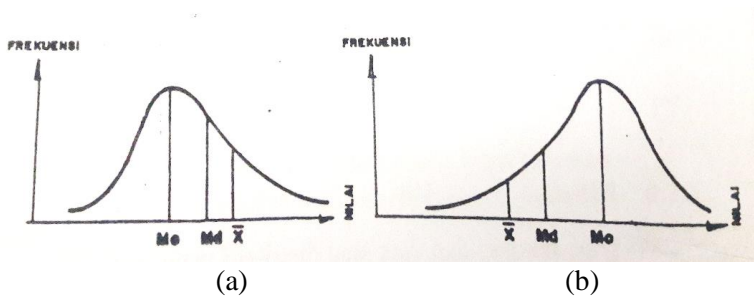
\bar{X} = rata-rata hitung

c. Kemencengan

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri, keadaan itu disebut menceng ke kanan atau ke kiri. Kurva yang ditunjukkan pada gambar 2.3 adalah berbentuk tidak simetri, gambar 2.3.a kurjanya menceng ke kanan, sedangkan gambar 2.3.b kurjanya menceng ke kiri, sedangkan gambar 2.2, menunjukkan bentuk kurva yang simetri (idak menceng). (Soewarno,1995)



Gambar 2.2 Kurva simetri (Soewarno,1995)



Gambar 2.3 Kurva tidak simetri (Soewarno, 1995)

Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Soewarno, 1995) :

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (2.9)$$

$$CS = \frac{a}{s^3} \quad (2.10)$$

Keterangan :

CS = koefisien kemencengan

S = deviasi standar dari data sampel

\bar{X} = rata-rata hitung dari data sampel

X_i = data ke i

n = jumlah data

a = parameter kemencengan

Kurva distribusi yang bentuknya simetri maka $CS = 0$, kurva distribusi yang menceng ke kanan maka CS lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng ke kiri maka CS kurang dari nol. (Soewarno, 1995)

d. Pengukuran Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi. Untuk

data yang belu dikelompokkan maka dirumuskan :
(Soewarno,1995)

$$CK = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (2.11)$$

Keterangan :

CK = koefisien kurtosis

Xi = data ke i

S = deviasi standar

\bar{X} = rata-rata hitung dari data sampel

n = jumlah data

2.1.2.3 Aplikasi Distribusi Probabilitas Kontinu

Pada sub bab ini akan dijelaskan beberapa model matematik yang menjelaskan aplikasi distribusi dari variabel acak kontinyu (*continuous random variables*) untuk analisa data. (Soewarno,1995)

a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = *probability density function*) yang paling dikenal adalah bentuk *bell* dan dikenal sebagai distribusi normal.

Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambarkan pada kertas grafik peluang, umumnya akan membentuk persamaan garis lurus. Persamaan umum yang digunakan adalah :

$$X = \bar{X} + k.S \quad (2.12)$$

Keterangan :

X = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu

\bar{X} = nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

k = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari pada peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Dengan telah disusunnya persamaan (2.12) dan seandainya tidak tersedia kertas grafik peluang, maka kita tetap dapat

meramalkan atau mengharapkan nilai dari variat suatu variabel hidrologi pada peluang tertentu atau periode ulang tertentu. Persamaan (2.12) adalah

Untuk memudahkan dalam perhitungan maka nilai (k) dalam persamaan 2.12 digunakan tabel 2.1 disebut dengan tabel nilai variabel reduksi Gauss (*variable reduced Gauss*). Dari tabel tersebut dapat diketahui dengan mudah hubungan antara T (periode ulang), P (peluang), dan k (variabel reduksi Gauss).

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

T (tahun)	Peluang	k	T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05	3,33	0,300	0,52
1,005	0,995	-2,58	4	0,250	0,67
1,010	0,990	-2,33	5	0,200	0,84
1,050	0,950	-1,64	10	0,100	1,28
1,110	0,900	-1,28	20	0,050	1,64
1,250	0,800	-0,84	50	0,020	2,05
1,330	0,750	-0,67	100	0,010	2,33
1,430	0,700	-0,52	200	0,005	2,58
1,670	0,600	-0,25	500	0,002	2,88
2,000	0,500	0,00	1000	0,010	3,09
2,500	0,400	0,25			

(Soewarno, 1995)

b. Distribusi Gumbel

Perhitungan persamaan garis lurus untuk distribusi Gumbel, menggunakan metode momen. Persamaan garis lurus untuk distribusi frekuensi Gumbel dapat juga menggunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut : (Soewarno, 1995)

$$X = \bar{X} + \frac{S}{s_n} (Y - Y_n) \quad (2.13)$$

Keterangan :

X = nilai variat yang diharapkan terjadi

\bar{X} = nilai rata-rata hitung variat

Y = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu (hubungan antara periode ulang T dengan Y dapat dilihat pada tabel 2.2), atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y = -\ln\left[-\ln\frac{T-1}{T}\right] \quad (2.14)$$

untuk $T \geq 20$, maka $Y = \ln T$

Y_n = nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduce variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada tabel 2.3

S_n = deviasi standar dari reduksi variat (*standard deviation of the reduced variate*), nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.2 Hubungan Periode Ulang (T) dengan Reduksi Variat dari Variabel (Y)

T (tahun)	Y	T (tahun)	Y
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Soewarno, 1995)

Tabel 2.3 Hubungan Reduksi Variant Rata-rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
10	0,4592	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5053	35	0,5402	58	0,5518	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5418	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580

Tabel 2.3 (Lanjutan) Hubungan Reduksi *Variant* Rata-rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

(Soewarno,1995)

Tabel 2.4 Hubungan antara Deviasi Standar dan Reduksi Variat dengan Jumlah Data

n	S_n	n	S_n	n	S_n	N	S_n
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013

Tabel 2.4 (Lanjutan) Hubungan antara Deviasi Standar dan Reduksi Variat dengan Jumlah Data

n	Sn	n	Sn	n	Sn	N	Sn
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,0961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

(Soewarno, 1995)

c. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal, langkah-langkah pengerjaannya sama dengan distribusi normal namun data X diubah kedalam bentuk logaritmik $Y = \text{Log } X$. Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$Y_T = \bar{Y} + k \times S \quad (2.15)$$

dimana:

$$k = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.16)$$

Keterangan :

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variant,

S = Deviasi standar nilai variant,

K_T = Faktor frekuensi

Nilai faktor frekuensi K_T untuk distribusi log normal sama dengan distribusi normal, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1,

yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*). (Suripin, 2004)

d. Distribusi Log Pearson Tipe III

Bentuk kumulatif dari distribusi log-Pearson tipe III dengan nilai variatnya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus. Persamaan garis lurusnya adalah : (Soewarno, 1995)

$$Y = \bar{Y} + k.S \quad (2.17)$$

Keterangan

Y = nilai logaritmik dari X

\bar{Y} = nilai rata-rata dari Y

S = debiasi standar dari Y

k = karakteristik dari distribusi log Pearson tipe III (lihat tabel 2.6)

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log Pearson tipe III, adalah :

1. tentukan logaritma dari semua nilai variat X .
2. hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (2.18)$$

n = jumlah data

3. hitung nilai deviasi standarnya dari $\log X$:

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n - 1}} \quad (2.19)$$

4. hitung nilai koefisien kemencengan :

$$CS = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n - 1)(n - 2)(S \log \bar{X})^3} \quad (2.20)$$

Sehingga persamaan (2.14) dapat ditulis :

$$\log X = \overline{\log X} + k (S \log \bar{X}) \quad (2.21)$$

5. tentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai CS nya. Nilai CS dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Nilai k Distribusi Pearson tipe III dan Log Pearson tipe III

CS	Periode ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3.0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2.5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2.2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2.0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1.8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1.6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1.4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1.2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1.0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0.9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0.8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0.7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0.6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0.5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0.4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0.3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0.2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0.1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0.0	0,000	0,842	1,282	1,761	2,054	2,326	2,576	3,090
-0.1	0,017	0,836	1,270	1,751	2,000	2,252	2,482	2,950
-0.2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0.3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0.4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0.5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0.6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0.7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0.8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035

Tabel 2.5 (Lanjutan) Nilai k Distribusi Pearson tipe III dan Log Pearson tipe III

CS	Periode ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0.9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1.0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1.2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1.4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1.6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1.8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,035	1,087	1,097	1,130
-2.0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,959	0,990	1,095	1,000
-2.2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,888	0,905	0,907	0,910
-2.5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,793	0,799	0,800	0,802
-3.0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

*(Soewarno,1995)***2.1.2.4 Parameter Penentuan Distribusi**

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0$ $C_K \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_K = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_K = 5,40$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Bambang Triatmodjo,2015)

2.1.2.5 Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam sub bab ini adalah Uji chi-kuadrat (*chi-square*) dan uji Smirnov Kolmogorov.

Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya. (Soewarno,1995)

a. Uji Chi-Square

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sampel data yang dianalisis. Persamaannya, yaitu :

$$X^2 = \sum_{t=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.22)$$

Keterangan :

X^2 : parameter Chi-Kuadrat terhitung

G : jumlah sub-kelompok

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Adapun prosedur pengujian Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut : (Soewarno,1995)

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G *sub-group*, tiap-tiap *sub group* minimal 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan tiap-tiap *sub-group* (O_i)
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan (E_i)
5. Tiap-tiap *sub-group* hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

6. Jumlah seluruh G sub-group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi Normal dan Binomial, dan $R = 1$, untuk distribusi Poisson).

Dapat disimpulkan bahwa setelah diuji dengan Chi-Kuadrat, pemilihan jenis sebaran memenuhi syarat distribusi, maka curah hujan rencana dapat dihitung. Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut : (Soewarno, 1995)

1. Apabila peluang lebih besar dari 5 %, maka persamaan distribusi teoritis yang dapat digunakan dapat diterima;
2. Apabila peluang lebih kecil 1 %, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima;
3. Apabila peluang berada diantara 1 – 5 % adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu penambahan data.

Parameter X^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X^2 sama atau lebih besar dari nilai chi-kuadrat sebenarnya (X^2_{Cr}) dapat dilihat pada lampiran 1 dan 2.

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering disebut uji kecocokan non parametrik (*non-parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian dengan cara ini dinilai lebih sederhana dibanding dengan pengujian dengan cara Chi-Kuadrat. Prosedur uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* adalah (Soewarno, 1995) :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut :

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$P'(X) = 1 - P'(X <) \quad (2.23)$$

$$f(t) = \frac{(X - \bar{X})}{S} \quad (2.24)$$

Nilai $P'(X <)$ diperoleh berdasarkan nilai $f(t)$, lampiran 3.

$$D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)] \quad (2.25)$$

4. Berdasarkan Tabel 2.7., ditentukan harga D_o . Apabila D_{maks} lebih kecil dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima. Apabila D_{maks} lebih besar dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2.7 Nilai Kritis D_o untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,18	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N}}$

(Bambang Triatmodjo, 2015)

2.2 Analisis Debit Banjir Rencana

2.2.1 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Pemilihan harga C yang tepat memerlukan pengalaman hidrologi yang luas. Faktor utama yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau prosentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, sebarangpun keringnya.

Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang mempengaruhi nilai C adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi. Jika hanya terdiri dari satu harga C maka digunakan nilai pada tabel sedangkan jika karakter permukaan bermacam-macam, maka digunakan rumus berikut :

$$C_{\text{campuran}} = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \quad (2.26)$$

Harga C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam tabel 2.8.

Tabel 2.8 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Diskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, C
<i>Business</i>	
- Perkotaan	0,70 – 0,95
- Pinggiran	0,50 – 0,70
<i>Perumahan</i>	
- rumah tinggal	0,30 – 0,50
- multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
- multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
- perkampungan	0,75 – 0,40
- apartemen	0,50 – 0,70

(Suripin, 2003)

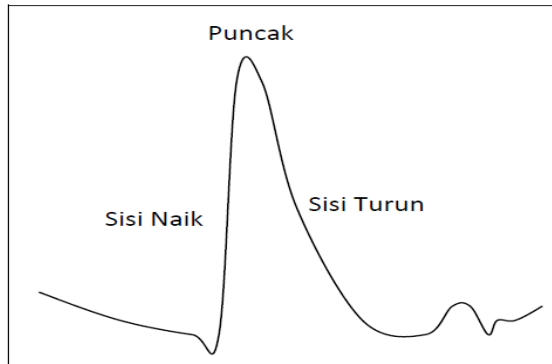
Tabel 2.8 (Lanjutan) Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Diskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, C
Industri	
- ringan	0,50 – 0,80
- berat	0,60 – 0,90

(Suripin,2003)

2.2.2 Unit *Hydrograph*

Unit Hydrograph (U.H) didefinisikan sebagai berikut : apabila suatu kejadian hujan 1 satuan (mm/inchi) menghasilkan runoff (limpasan) pada suatu daerah pengaliran maka hydrograph aliran tersebut dianggap sebagai unit hidrograf yang merupakan sifat khas dari daerah pengaliran tersebut. Penerapan dari unit hidrograf pada hujan efektif yang tidak sama dengan 1 satuan (mm/inchi) dapat dilakukan dengan cara mengalikan hujan efektif dengan ordinat-ordinat unit hidrograf yang mempunyai interval waktu sama atau *time duration* dari curah hujan sama.

**Gambar 2.4** Hidrograf (Sri Harto, 1993)

2.2.3 Hidrograf Sintesis Satuan

Sherman pada tahun 1932 (dalam Bambang Triatmodjo, 2006) mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat diujung hilir DAS yang

ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu.

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- a) Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
- b) Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- c) Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- d) Luas daerah aliran sungai
- e) Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

Bentuk persamaan HSS Nakayasu adalah :

$$Qp = \frac{CA \cdot Ro}{3,6(0,3Tp + T_{0,3})} \quad (2.27)$$

dengan :

- Qp = debit puncak banjir (m³/dt)
 Ro = hujan satuan (mm)
 Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
 T_{0,3} = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)
 CA = luas daerah pengaliran sampai outlet (km²)

Untuk menentukan Tp dan T_{0,3} digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$Tp = tg + 0,8 tr \quad (2.28)$$

$$T_{0,3} = \alpha tg \quad (2.29)$$

$$Tr = 0,5 tg \text{ sampai } tg \quad (2.30)$$

tg adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). tg dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- sungai dengan panjang alur L > 15 km : tg = 0,4 + 0,058 L

- sungai dengan panjang alur $L < 15 \text{ km}$: $tg = 0,21 L^{0.7}$

Perhitungan $T_{0,3}$ menggunakan ketentuan:

$\alpha = 2$ pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$ pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3$ pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat

- Pada waktu naik : $0 < t < T_p$

$$Q_a = (t/T_p)^{2,4} \quad (2.31)$$

dimana Q_a adalah limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/dt)

- Pada kurva turun (*decreasing limb*)

- selang nilai : $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

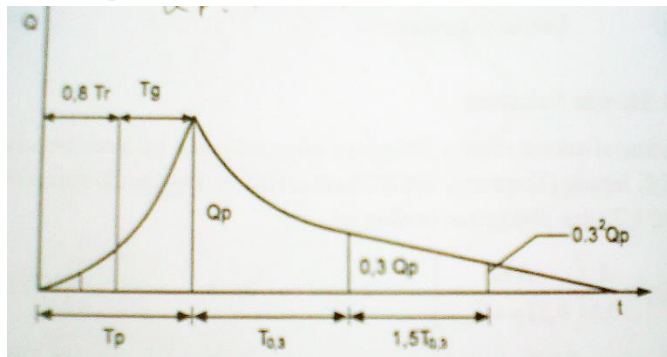
$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (2.32)$$

- selang nilai : $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}} \quad (2.33)$$

- selang nilai : $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}} \quad (2.34)$$



Gambar 2.5 Hidrograf satuan sintetik Nakayasu
(Triatmodjo, 2006)

2.3 Analisis Hidrolika

2.3.1 Analisis Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pengaruh gaya tarik bulan lebih besar pengaruhnya terhadap bumi, daripada pengaruh gaya tarik matahari, karena jarak bulan yang lebih dekat dengan bumi. (Bambang Triatmodjo, 2009).

Metode pengolahan data pasang-surut yang digunakan, yaitu metode Admiralty. Berikut merupakan langkah-langkah metode Admiralty :

1. Skema-I

Sebelum dilakukan pengolahan data pasang-surut dilakukan terlebih dahulu *smoothing* pada data lapangan yang diperoleh dari pengukuran alat, yang kemudian data tersebut dimasukkan kedalam kolom-kolom di skema-I, ke kanan menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00 dan ke bawah adalah tanggal selama 29 pihan.

2. Skema II

Pengisian kolom-kolom pada skema II dibantu tabel 2.9. Nilai yang tertera pada tabel 2.9 dikalikan dengan nilai pengamatan.

Tabel 2.9 Konstanta Pengali untuk Menyusun Skema-II

	Jam Pengamatan											
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
X ₁	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1
Y ₁	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X ₂	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
Y ₂	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X ₄	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1
Y ₄	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
	Jam Pengamatan											
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
X ₁	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X ₂	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
Y ₂	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X ₄	1	0	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	0	1
Y ₄	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1

(Rawi, 1994)

Tabel 2.10 Faktor Analisa untuk Pengamatan 29 hari

Untuk Skema V									
	S0	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	
X00	1,000								
X10					1,000	-0,080			
X12 – Y1b		0,070			-0,020	1,000		0,020	
X13 – Y1c									
X20		-0,030	1,000	-0,030					
X22 – Y2b		1,000	0,015	0,038	0,002	-0,058		-0,035	
X23 – Y2c		-0,060		1,000					
X42 – Y4b		0,030						1,000	
X44 – Y4d							1,000	0,080	
Untuk Skema VI									
Y10					1,000	-0,080			
Y12 + X1b		0,070			-0,020	1,000		0,030	
Y13 +X1c									
Y20		-0,030	1,000	-0,030					
Y22 + X2b		1,000	0,015	0,032		-0,058		-0,035	
Y23 + X2c		-0,060		1,000					
Y42 + X4b		0,030					0,010	1,000	
Y44 + X4d							1,000	0,080	

(Rawi, 1994)

3. Skema III

Pengisian skema III merupakan penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom skema II.

4. Skema IV

Seluruh kolom-kolom pada skema IV diisi dengan data pada skema-III dibantu dengan tabel 2.11.

Tabel 2.11 Konstanta Pengali Skema-IV

Index kedua	0	2	b	3	c	4	d
Konstanta perkalian untuk 29 hari	-29	-1	0	-1	0	-1	0
Konstanta perkalian untuk 15 hari	-15	1	0	5	0	1	0
Kostanta perkalian untuk X + B dan Y +B Untuk 29 hari	1	1	0	-1	1	1	0
	1	1	-1	-1	1	1	-1
	1	1	-1	1	1	-1	-1
	1	1	-1	1	1	-1	-1
	1	-1	-1	1	1	-1	1
	1	-1	-1	1	-1	1	1
	1	-1	-1	1	-1	1	1
Untuk 15 hari digunakan pertengahan 15 baris	1	-1	0	-1	-1	1	0
	1	-1	1	-1	-1	1	-1
	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	1	-1	1	-1	-1
	1	1	1	-1	1	-1	1
	1	1	1	1	1	-1	1
	1	1	1	1	1	1	1
Hari tengah-tengah	1	1	0	1	0	1	0
Untuk 15 hari digunakan pertengah 15 baris	1	1	-1	1	-1	1	-1
	1	1	-1	1	-1	-1	-1
	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	1	-1	-1	-1	1	-1	1
	1	-1	-1	-1	1	1	1
	1	-1	0	-1	1	1	0

(Rawi,1994)

Tabel 2.11 (Lanjutan) Konstanta Pengali Sekam IV

Index kedua	0	2	b	3	c	4	d
Untuk 29 hari	1	-1	1	1	1	1	-1
	1	-1	1	1	1	1	-1
	1	-1	1	1	-1	-1	-1
	1	1	1	1	-1	-1	1
	1	1	1	1	-1	-1	1
	1	1	1	-1	-1	1	1
	1	1	0	-1	-1	1	0

(Rawi, 1994)

5. Skema V dan skema VI

Unruk pengisian tabel pada skema V dan VI dibantu tabel 2.13. Setiap angka pada tabel tersebut merupakan kostanta pengali.

6. Skema VII

Langkah-langkah untuk menghitung skema VII :

- PR cos r, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema-V untuk masing-masing kolom
- PR sin r, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema-VI untuk masing-masing kolom.
- PR dicari dengan rumus :
- f didapatkan dengan menggunakan perhitungan berikut :

$$PR = \sqrt{(PR \sin r)^2 + (PR \cos r)^2} \quad (2.35)$$

- Memperoleh nilai s, h, p, dan N dari persamaan :

$$s = 277,025 + 129,38481(Y - 1900) + 13,17640 (D + I)$$

$$h = 280,190 - 0,23872(Y - 1900) + 0,98565(D + I)$$

$$p = 334,385 + 40,66249(Y - 1900) + 0,1114(D + I)$$

$$N = 259,157 - 19,32818(Y - 1900) - 0,05295(D + I)$$

Dimana :

Y = tahun dari tanggal pengamatan 2017

D = jumlah hari yang berlalu dari jam 0.00 pada awal tanggal pengamatan sampai jam 00.00 tanggal pengamatan.

l = bagian integral tahun = $\frac{1}{4} (Y - 1901)$

- Untuk mencari nilai f pada M_2 , K_2 , O_1 , K_1 , S_2 , P_1 , N_2 , M_4 , MS_4 menggunakan persamaan berikut :

$$fM_2 = 1,0004 - 0,037 \cos N + 0,0002 \cos 2N$$

$$fK_2 = 1,0241 + 0,2863 \cos N + 0,0083 \cos 2N - 0,0015 \cos 3N$$

$$fO_1 = 1,0089 + 0,1871 \cos N - 0,0147 \cos 2N + 0,0014 \cos 3N$$

$$fK_1 = 1,0060 + 0,1150 \cos N - 0,0088 \cos 2N + 0,0006 \cos 3N$$

$$fS_2 = 1,0 \text{ (Tetap)}$$

$$fP_1 = 1,0 \text{ (Tetap)}$$

$$fN_2 = fM_2$$

$$fM_4 = (fM_2)^2$$

$$fMS_4 = fM_2$$

- e. $(1+W)$ pengisiannya merupakan hasil dari kolom-kolom pada skema VIII

- f. V diperoleh dari persamaan berikut :

$$VM_2 = -2s + 2h$$

$$VN_2 = -3s + 2h + p$$

$$VK_1 = h + 90$$

$$VO_1 = -2s + h + 270$$

$$VK_2 = 2h$$

$$VS_2 = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$VP_1 = -h + 270$$

$$VM_4 = 2(VM_2)$$

$$VMS_4 = VM_2$$

Jika nilai dari V negatif maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

g. Nilai u diperoleh dari daftar atau berdasarkan persamaan berikut :

$$uM_2 = -2,14 \sin N$$

$$uK_2 = -17,74 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,04 \sin 3N$$

$$uK_1 = -8,86 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,07 \sin 3N$$

$$uO_1 = 10,80 \sin N - 1,34 \sin 2N + 0,19 \sin 3N$$

$$uS_2 = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$uP_1 = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$uM_4 = 2(uM_2)$$

$$uMS_4 = uM_2$$

$$uN_2 = uM_2$$

h. w diperoleh dari skema-VIII

i. r ditentukan dari : $r \text{ actan } \frac{PR \sin r}{PR \cos r}$, sedangkan untuk harganya dilihat dari tanda pada masing-masing kuadran.

j. g ditentukan dari : $g = V + u + w + p + r$

k. $n \times 360$ ditentukan dari kelipatan 360, maksudnya untuk mencari harga kelipatan 360 terhadap g .

l. A ditentukan dengan rumus : $A = \frac{PR}{pf(1+w)}$

m. G ditentukan dari $g^\circ = g - (n \times 360)$

Skema VII diselesaikan dengan mengisi tabel 2.14.

7. Skema VIII

Langkah-langkah untuk menghitung $(1+W)$ dan w :

a. Untuk S_2 dan MS_4

- Baris 1 adalah harga V untuk K_1
- Baris 2 adalah harga u untuk K_1
- Baris 3 adalah penjumlahan V dan u ($V + u$) merupakan sudut.
- Baris 4 adalah w/f diperoleh dengan cara interpolasi lampiran 8
- Baris 5 adalah W/f diperoleh dengan cara interpolasi lampiran 8
- Baris 6 adalah f , diperoleh seperti skema-VII

- Baris 7 adalah w , diperoleh dengan cara :
 $w = w/f \text{ (baris 4)} \times f \text{ (baris 6)}$
- Baris 8 adalah W , diperoleh dengan cara :
 $W = W/f \text{ (baris 5)} \times f \text{ (baris 6)}$
- Baris 9 adalah $1 + W \text{ (baris 8)}$

b. Untuk K_1

- Baris 1 adalah harga 2V untuk K_1
- Baris 2 adalah harga u untuk K_1
- Baris 3 adalah penjumlahan 2V dan u ($2V + u$) merupakan sudut.
- Baris 4 adalah w/f diperoleh dengan cara interpolasi lampiran 8
- Baris 5 adalah W/f diperoleh dengan cara interpolasi lampiran 8
- Baris 6 adalah f , diperoleh seperti skema-VII
- Baris 7 adalah w , diperoleh dengan cara :
 $w = w/f \text{ (baris 4)} \times f \text{ (baris 6)}$
- Baris 8 adalah W , diperoleh dengan cara :
 $W = W/f \text{ (baris 5)} \times f \text{ (baris 6)}$
- Baris 9 adalah $1 + W \text{ (baris 8)}$

c. Untuk N_2

- Baris 1 adalah harga 3V untuk M_2
- Baris 2 adalah harga u untuk K_1
- Baris 3 adalah selisih 3V dan 2V atau ($3V - 2V$) merupakan sudut. Jika nlainya lebih dari 360° , maka harus dikurangi dengan pembulatan dari 360° .
- Baris 4 adalah w diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan lampiran 8
- Baris 5 adalah $1 + W$ diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan lampiran .8
- Baris 6 adalah $1 + W \text{ (baris 8)}$

Pasang surut merupakan panjang dengan periode sekitar 12 jam dan 24 jam. Puncak gelombang pasang surut biasa disebut muka air pasang (*high tide*) dan lembahnya biasa disebut air surut (*low tide*), sedangkan tinggi gelombang disebut *tidal range*. Persamaan dasar analisis peramalan pasang surut adalah :

$$Z_t = Z_0 + \sum_1^n A_i \cos \left(\frac{2\pi}{T_i} t - \theta_i \right) \quad (2.36)$$

Keterangan :

Z_t = elevasi muka air pada saat t (m)

Z_0 = muka air rata-rata diukur dari datum (m)

A_i = amplitudo masing-masing konstituen harmonik (M_2 , S_2 , dst)

T_i = periode masing-masing konstituen harmonik (M_2 , S_2 , dst)

θ_i = selisih fasa masing-masing konstituen harmonik (M_2 , S_2 , dst)

n = jumlah komponen pasang surut

Periode dan amplitudo relatif dari tujuh konstituen utama pasang surut dapat dilihat pada Tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Periode dan Amplitudo Relatif dari Tujuh Konstituen Utama Pasang Surut

Sumber	Simbol	Periode (jam)	Amplitudo Relatif (%)	Kecepatan Sudut (°/jam)
<i>Main lunar, semi-diurnal</i>	M_2	12,42	100,0	28,9841
<i>Main solar, semi-diurnal</i>	S_2	12,00	46,6	30,000
<i>Lunar elliptic</i>	N_2	12,66	19,2	28,4397
<i>Lunar-solar, semi-diurnal</i>	K_2	11,97	12,7	30,0821
<i>Lunar-Solar, diurnal</i>	K_1	23,93	58,4	15,0411
<i>Main lunar, diurnal</i>	O_1	25,82	41,5	13,9430
<i>Main solar, diurnal</i>	P_1	24,04	19,4	14,9589

(Bambang Triatmodjo, 2009)

Untuk menentukan klasifikasi suatu gelombang pasang surut, terlebih dahulu perlu diketahui nilai bilangan Formzahl. Menurut Ilahude (1999, dalam Siswanto 2007), nilai bilangan Formzahl dapat ditentukan menggunakan rumus berikut :

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \quad (2.37)$$

Dimana hasil dari nilai F akan menentukan tipe pasang surutnya, dengan klasifikasi sebagai berikut :

- $0 < F < 0,25$: Pasang surut harian ganda (*semi-diurnal tide*)
- $0,25 < F < 1,50$: Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed, mainly semi-diurnal tide*)
- $1,50 < F < 3,00$: Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed, mainly diurnal tide*)
- $F > 3,00$: Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

Penentuan elevasi muka air dalam perhitungan pasang surut menggunakan rumus-rumus berikut :

$$\text{Mean High Water Spring} = \text{MHWS} = Z_0 + (A_{M2} + A_{S2})$$

$$\text{Mean Low Water Spring} = \text{MLWS} = Z_0 - (A_{M2} + A_{S2})$$

$$\text{Highest High Water Spring} = \text{HHWS} = Z_0 + (A_{M2} + A_{S2}) + (A_{K1} + A_{O1})$$

$$\text{Lowest Low Water Spring} = \text{LLWS} = Z_0 - (A_{M2} + A_{S2}) - (A_{K1} + A_{O1})$$

$$\text{Highest Astronomical Tide} = \text{HAT} = Z_0 + \sum A_i$$

$$\text{Lowest Astronomical Tide} = \text{LAT} = Z_0 - \sum A_i$$

Keterangan :

Z_0 = muka air rata-rata diukur dari datum (m)

A_i = amplitudo masing-masing konstituen harmonik (M_2 , S_2 , dst)

Tabel 2.13 Faktor Analisa Untuk Pengamatan 29 hari

Skema V									
PR cos r	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	
X00	1,000								
X10					1,000	-0,080			
X12 – Y1b		0,070			-0,020	1,000		0,020	
X13 – Y1c									
X20		-0,030	1,000	-0,030					
X22 – Y2b		1,000	0,015	0,038	0,002	-0,058		-0,035	
X23 – Y2c		-0,060		1,000					
X42 – Y4b		0,030					1,000	1,000	
X44 – Y4d								0,080	
Skema VI									
Y10					1,000	-0,080			
Y12 + X1b		0,070			-0,020	1,000		0,030	
Y13 + X1c									
Y20		-0,030	1,000	-0,030					
Y22 + X2b		1,000	0,015	0,032		-0,058		-0,035	
Y23 + X2c		-0,060		1,000					
Y42 + X4b		0,030					0,010	1,000	
Y44 + X4d							1,000	0,080	

(Rawi,1994)

Tabel 2.14 Tabel Skema VII dan VIII

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄
V : PR cos r								
V : PR sin r								
PR								
P	696	559	448	566	439	565	507	535
F								
1 + W								
V								
u								
w								
p		333	345	327	173	160	307	318
r								
g								
n × 360°								
A								
g°								

(Rawi, 1994)

Selanjutnya dilakukan pengolahan datapasang surut. Berbagai metode pengukuran pasang surut telah dikembangkan saat ini, seperti metode *Least Square* (Emery and Thomson, 1997) dan metode *British Admiralty*. Pada Tugas Akhir ini akan digunakan metode *Admiralty*. Hasil pencatatan diambil dengan interval 1 jam sebagai input untuk *Admiralty* dan konstanta pasang surut. Dengan konstanta pasang surut yang didapat pada proses sebelumnya, dilakukan penentuan jenis pasang surut menurut rumus (2.30).

Selanjutnya, dilakukan peramalan pasang surut untuk 15 hari yang dipilih bersamaan dengan masa pengukuran yang dilakukan. Hasil peramalan tersebut dibandingkan dengan pembacaan elevasi di lapangan untuk melihat kesesuaiannya. Dengan konstanta yang didapatkan, dilakukan pula peramalan pasang surut untuk masa 20 tahun sejak tanggal pengamatan. Hasil peramalan dibaca untuk menentukan elevasi-elevasi penting pasang surut yang menjadi ciri daerah tersebut sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Elevasi Penting Pasang Surut

Jenis Elevasi	Definisi
<i>Highest HighWater Level</i> (HHWL)	Air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
<i>Mean High Water Spring</i> (MHWS)	Muka air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
<i>Mean High Water Level</i> (MHWL)	Rata-rata dari muka air tinggi selama periode 20 tahun.
<i>Mean Sea Level</i> (MSL)	Muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi daratan.
<i>Mean Low Water Level</i> (MLWL)	Rata-rata dari muka air rendah selama periode 20 tahun.

(Bambang Triatmodjo, 2009)

Tabel 2.15 (Lanjutan) Elevasi penting Pasang Surut

Jenis Elevasi	Definisi
<i>Mean Low Water Spring</i> (MLWS)	Muka air terendah dari dua air rendah dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
<i>Lowest Low Water Level</i> (LLWL)	Air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

(Bambang Triatmodjo, 2009)

Dari elevasi penting pasang surut yang ada maka ditetapkan nilai LLWL sebagai elevasi nol acuan. Disamping itu, dari peramalan untuk masa 20 tahun ke depan akan didapatkan nilai probabilitas dari masing-masing elevasi penting tersebut.

2.3.2 Nilai Manning (n)

Nilai manning digunakan pada saat memasukkan data-data geometri sungai. Nilai manning sesuai dengan kondisi sungai. Berbagai macam nilai manning dapat dilihat pada tabel 2.16.

Tabel 2.16 Koefisien Manning untuk HEC-RAS

No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Min.	Normal	Maks.
1	Beton			
	- Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	- Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	- Beton polos	0,011	0,012	0,014
2	- Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
	Tanah lurus dan seragam			
	- Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	- Bersih telah, melapuk	0,018	0,022	0,025
	- Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	- Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033

(Ven Te Chow)

Tabel 2.16 (Lanjutan) Koefisien Manning untuk HEC-RAS

No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Min.	Normal	Maks.
3	Saluran alam			
	- Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	- Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	- Banyak tanaman pengganggu	0,030	0,070	0,080
	- Dataran banjir berumput pendek – tinggi	0,025	0,030	0,035
	- Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

(Ven Te Chow)

2.4 Perencanaan Penanggulangan Banjir dengan Tanggul

2.4.1 Lebar Mercu Tanggul

Lebar mercu tanggul direncanakan untuk keperluan perondaan di waktu banjir dan sebagai jalan-jalan inspeksi serta logistic untuk pemeliharaan tanggul. Lebur mercu ditentukan berdasarkan debit banjir rencana pada sungai tersebut, tabel 2.10.

Tabel 2.10 Lebar Mercu Tanggul

No.	Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)	Lebar Mercu (m)
1	< 500	3
2	500 – 2000	4
3	2000 – 5000	5
4	5000 – 10000	6
6	>10000	7

(Sosrodarsono, 1995)

2.4.2 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah tinggi tambahan dari tinggi muka air rencana dimana air tidak diijinkan melimpah. Nilai tinggi jagaan pada sungai ditentukan berdasarkan debit banjir rencana, tabel 2.11.

Tabel 2.11 Hubungan antara Debit Banjir Rencana dengan Tinggi Jagaan Sungai

No.	Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)	Jagaan (m)
1	< 200	0,6
2	200 – 500	0,8
3	500 – 2000	1
4	2000 – 5000	1,2
5	5000 – 10000	1,5
6	>10000	2

(Sosrodarsono,1995)

2.5 Program Bantu HEC-RAS

Pada tahap analisa hidrolika, digunakan program bantu HEC-RAS (*Hydrologic Engineering System River Analysis System*). HEC-RAS adalah sistem software terintegrasi, yang didesain untuk digunakan secara intraktif pada kondisi tugas yang beraneka macam. Sistem ini terdiri dari *interface* grafik pengguna, komponen analisa hidrolika terpisah, kemampuan manajemen dan tampungan data, fasilitas pelaporan grafik (HEC-RAS *Reference Manual v4.1*).

HEC-RAS melakukan analisa hidrolika menggunakan asumsi aliran *steady* dan *unsteady*, serta akan memberikan desain berdasarkan hasil analisa tersebut. Data yang harus dimasukkan untuk melakukan analisa hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS adalah :

1. Data geometri saluran drainase, berupa koordinat x dan y, untuk penampang memajang dan penampang melintang
2. Koefisien *manning*
3. Data aliran (debit tiap titik penampang)

Hasil analisa program bantu HEC-RAS, yaitu elevasi muka air sepanjang aliran, profil aliran yang ditinjau, dan kecepatan aliran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan dengan menguraikan segala sesuatu yang berhubungan dengan Tugas Akhir. Selain itu, dijelaskan pula urutan pelaksanaannya dan data-data yang digunakan.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap untuk mencari data untuk mengidentifikasi masalah dan mencari referensi teori yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Data untuk mengidentifikasi masalah berupa peta genangan yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Pasuruan. Referensi tersebut berupa buku, artikel penelitian, dan situs-situs di internet. Referensi yang digunakan membahas tentang :

1. Modul hidrologi dan hidrolika

Modul hidrologi digunakan untuk penentuan hujan wilayah sampai perhitungan debit banjir rencana. Modul hidrolika digunakan untuk membantu penentuan nilai manning pada sungai.

2. Modul dan panduan tentang program bantu HEC-RAS

Panduan yang digunakan yaitu HEC-RAS: *River Analysis System Manual's User, Version 4.1*

Output dari studi literatur diharapkan mampu membantu menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Selain itu, dengan adanya studi literatur membantu penyusun memperoleh teori-teori sebagai dasar untuk merencanakan jaringan drainase di daerah aliran Sungai Petung, Kota Pasuruan sebagai penyelesaian permasalahan genangan.

3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang keadaan eksisting di daerah aliran Sungai Petung, Kota Pasuruan. Studi lapangan dilakukan dengan cara mengamati langsung bantaran Sungai Petung, melakukan wawancara dengan

pemerintah dan warga sekitar Sungai Petung, Kota Pasuruan. Dengan demikian, keadaan sebenarnya dari permasalahan dapat diketahui.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data membantu penyusun menyelesaikan Tugas Akhir ini. Jenis data yang digunakan, yaitu data sekunder. Data sekunder yang dibutuhkan, yaitu :

1. Data hidrologi
Data hidrologi yang digunakan berupa data hujan pada tahun 2004 – 2015 di daerah aliran Sungai Petung, Kota Pasuruan. Data hujan diperoleh dari Balai Besar wilayah Sungai Gembong, Kota Pasuruan.
2. Data peta
Data peta yang digunakan yaitu peta daerah aliran Sungai Petung, peta tata guna lahan Kota Pasuruan, peta *cross* dan *long section* Sungai Petung.
3. Data hidrolika
Data hidrolika yang digunakan mencakup data dimensi penampang eksisting Sungai Petung baik memanjang maupun melintang.

3.4 Analisis Data

Setelah memperoleh data-data yang diperlukan, selanjutnya dilakukan analisis data. Analisis data yang dilakukan, antara lain :

1. Analisis debit banjir rencana
 - a. Hujan rencana
Data hidrologi yang telah diperoleh dari UPT Pengelola Sumberdaya Air Wilayah Sungai Gembong Pekalen kemudian di analisis dan dihitung. Untuk memperoleh tinggi hujan di daerah aliran Sungai Petung, Kota Pasuruan dilakukan metode *Thiessen* dan selanjutnya dihitung dengan metode statistic frekuensi hujan untuk memperoleh tinggi hujan tahunan. Metode statistic frekuensi hujan yang digunakan berupa probabilitas

distribusi Normal, Gumbel dan Log Normal Tipe III. Tinggi hujan tahunan dicek dengan menggunakan Uji *Chi Square* dan Smirnov Kolmogorov dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian distribusi. Setelah tinggi hujan tahunan sesuai, langkah selanjutnya menghitung intensitas hujan. Intensitas hujan ditinjau dengan metode Mononbe.

b. Tata guna lahan

Peta tata guna lahan dapat membantu untuk menghitung debit. Adanya peta tata guna lahan memperlihatkan pemanfaatan lahan disekitar saluran drainase dan Sungai Petung untuk mengetahui koefisien pengaliran.

2. Analisis hidrolika

Data hidrolika berupa dimensi penampang eksisting sungai dianalisis dengan menggunakan program bantu *HEC-RAS*, sehingga diperoleh kapasitas sungai eksisting. Selain itu, data pasang-surut juga digunakan pada program bantu *HEC-RAS* untuk mengetahui kapasitas Sungai Petung terhadap debit banjir rencana. *HEC-RAS* digunakan untuk memodelkan aliran satu dimensi suatu sungai.

3.5 Evaluasi

Evaluasi dapat dilakukan setelah analisis data. Analisis data menghasilkan debit banjir rencana dengan priode ulang yang telah ditentukan. Selanjutnya debit banjir rencana dimasukkan ke dalam program bantu *HEC-RAS*, dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas penampang Sungai Petung. Jika terjadi banjir, maka perlu dilakukan penanggulangannya. Pada tugas akhir ini, direncanakan penanggulangan banjir berupa penambahan tanggul sungai.

3.6 Perencanaan

Pada tahap ini, didapatkan jalan keluar secara teknis dari evaluasi yang telah dilakukan. Perencanaan jaringan drainase di

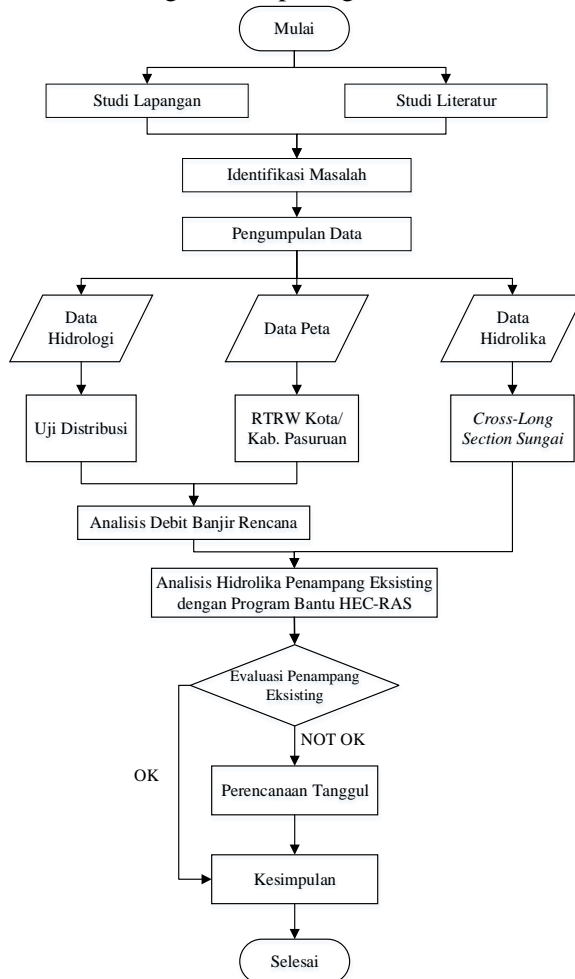
daerah aliran Sungai Petung, Kota Pasuruan dilakukan apabila saluran tidak mampu menampung debit hujan yang terjadi. Jika kapasitas sungai tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi, maka dilakukan pelebaran penampang sungai. Namun, jika tidak memungkinkan untuk diadakan pelebaran penampang sungai karena penampang dari hasil perencanaan terlalu lebar, maka akan direncanakan fasilitas jaringan drainase lain seperti pompa.

3.7 Kesimpulan

Penyelesaian untuk masalah genangan di daerah aliran Sungai Petung dapat ditarik kesimpulan atas apa yang telah dilakukan selama pengerjaan Tugas Akhir. Pengambilan kesimpulan didasarkan pada hasil analisis, evaluasi, dan perencanaan. Kesimpulan berupa rekomendasi teknis yang berhubungan dengan perencanaan jaringan drainase Sungai Petung, Kota Pasuruan.

3.8 Diagram Alir

Secara sistematis, langkah-langkah penyusunan Tugas Akhir dijelaskan melalui diagram alir pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian Tugas Akhir

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

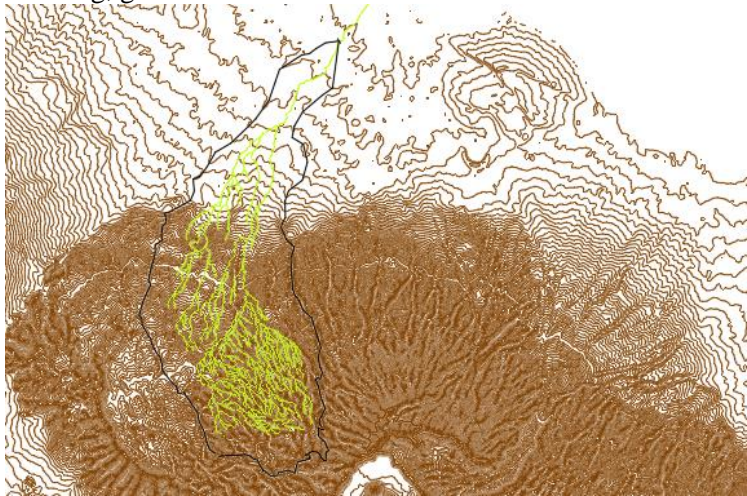
4.1 Analisis Hidrologi

Anlisis hidrologi dilakukan untuk mengolah data hujan yang ada, yang kemudian hasilnya dapat membantu pengerjaan Tugas Akhir ini.

4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

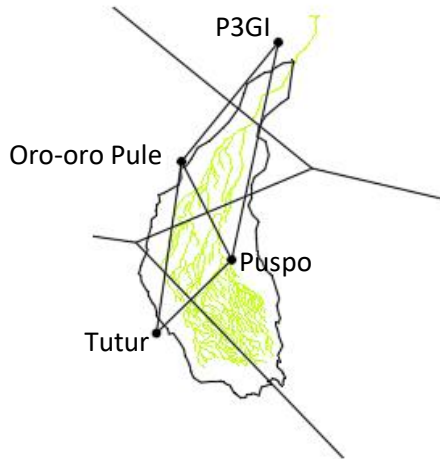
Penentuan hujan wilayah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Metode ini digunakan untuk mengetahui tinggi hujan yang berpengaruh pada stasiun hujan di Daerah Aliran Sungai Petung. Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta Daerah Aliran Sungai Petung, gambar 4.1



Gambar 4.1 Peta Daerah Aliran Sungai Petung

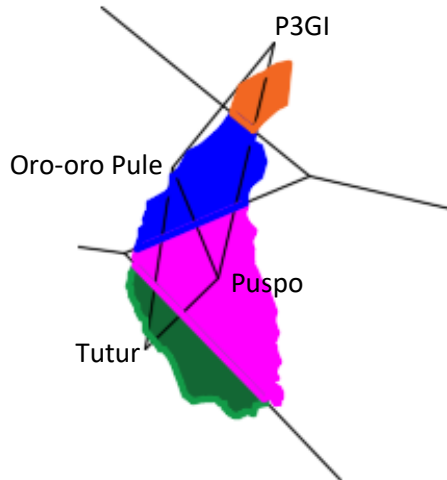
- b. Antar stasiun hujan dibuat garis lurus penghubung. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung, sehingga membentuk *polygon thiessen* (gambar 4.2).



Gambar 4.2 Pembuatan *Polygon Thiessen* pada Daerah Aliran Sungai Petung

- c. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representatif hujan pada kawasan *polygon* yang bersangkutan.

- d. Luas areal tiap-tiap polygon dapat diukur dan luas total Daerah Aliran Sungai Petung dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasannya. Batas luasan yang berpengaruh tiap stasiun dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Luas yang Berpengaruh Tiap Stasiun Hujan

- e. Hasil perhitungan luasan yang berpengaruh setiap pos penakar hujan dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Luasan yang Mewakili tiap Stasiun Hujan

No.	Stasiun Hujan	Luas (km ²)
1	P3GI (A_1)	10,33
2	Puspo (A_2)	69,05
3	Tuttur (A_3)	33,14
4	Oro-oro Pule (A_4)	37,11
Jumlah		149,63

(Hasil Perhitungan)

- f. Hujan harian maksimum Daerah Aliran Sungai Petung dihitung dengan persamaan 2.2 dan tinggi hujan harian maksimum setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel 4.2

Setelah dianalisis terdapat 4 stasiun hujan yang berpengaruh, yaitu stasiun hujan P3GI, Tutur, Oro-oro Pule, dan Puspo. Data hujan yang digunakan untuk mendapatkan nilai hujan harian maksimum mulai tahun 2004 hingga 2015.

Tabel 4.2 Tinggi Hujan Harian Maksimum Tiap Tahun

Tahun	Tinggi Hujan (mm)
2004	42,13
2005	57,32
2006	68,69
2007	80,03
2008	117,58
2009	59,90
2010	65,98
2011	54,66
2012	61,86
2013	72,48
2014	72,99
2015	109,55

(Hasil Perhitungan)

4.1.2 Analisa Parameter Statistik

Analisa parameter statistik dilakukan sebelum perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia. Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik diantaranya terdiri dari :

- X = nilai rata-rata hitung
- S = standar deviasi
- C_s = koefisien kemencengan
- C_v = koefisien variasi
- C_K = koefisien kurtosis

4.1.2.1 Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

Langkah-langkah perhitungan parameter statistik untuk distribusi normal dan distribusi gumbel :

4.1.5.1 Nilai Rata-rata

Nilai $\sum X$ dapat dilihat pada tabel 4.3

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{863,16}{12} = 71,93 \text{ mm}$$

4.1.5.2 Deviasi Standar

Nilai $\sum(X - \bar{X})^2$ dapat dilihat pada tabel 4.3

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5257,99}{12 - 1}} = 21,86$$

4.1.5.3 Koefisien Kemencengan

Nilai $\sum(X - \bar{X})^3$ dapat dilihat pada tabel 4.3

$$C_s = \frac{\sum(X - \bar{X})^3 \cdot n}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{(111130,10) \times 12}{(12 - 1)(12 - 2)21,86^3} = 1,16$$

4.1.5.4 Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{21,86}{71,93} = 0,30$$

4.1.5.5 Koefisien Kurtosis

Nilai $\sum(X - \bar{X})^4$ dapat dilihat pada tabel 4.3

$$C_k = \frac{\sum(X - \bar{X})^4 \cdot n^2}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{7304940,98 \times 12^2}{(12 - 1)(12 - 2)21,86^3} = 4,65$$

Hasil Perhitungan untuk distribusi Log Normal dan Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Tahun	X (mm)	\bar{X}	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
1	2015	117,58	71,93	45,65	2083,68	95114,55	4341727,70
2	2008	109,55	71,93	37,62	1415,17	53236,67	2002693,75
3	2014	80,03	71,93	8,10	65,58	531,02	4300,14
4	2007	72,99	71,93	1,06	1,13	1,21	1,29
5	2013	72,48	71,93	0,55	0,30	0,17	0,09

Tabel 4.3 (Lanjutan) Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Tahun	X (mm)	\bar{X}	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
6	2012	68,69	71,93	-3,24	10,53	-34,16	110,84
7	2010	65,98	71,93	-5,95	35,37	-210,39	1251,35
8	2011	61,86	71,93	-10,07	101,41	-1021,27	10284,64
9	2006	59,90	71,93	-12,03	144,66	-1739,82	20925,39
10	2005	57,32	71,93	-14,61	213,52	-3120,00	45590,28
11	2004	54,66	71,93	-17,27	298,37	-5153,73	89021,69
12	2009	42,13	71,93	-29,80	888,28	-26474,13	789033,81
JUMLAH		863,16			5257,99	111130,10	7304940,98

(Hasil Perhitungan)

4.1.2.2 Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Log Normal

Langkah-langkah perhitungan parameter statistik untuk distribusi log-normal dan distribusi log Pearson III, yaitu :

1. Nilai Rata-rata

Nilai $\sum X$ dapat dilihat pada tabel 4.4

$$Y = \text{Log} X$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{22,0823}{12} = 1,8402$$

2. Deviasi Standar

Nilai $\sum (X - \bar{X})^2$ dapat dilihat pada tabel 4.4

$$S_{\text{Log} X} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,1681}{12 - 1}} = 0,1236$$

3. Koefisien Kemencengan

Nilai $\sum (Y - \bar{Y})^3$ dapat dilihat pada tabel 4.3

$$C_s = \frac{\sum (Y - \bar{Y})^3 \cdot n}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{(0,0084) \times 12}{(12 - 1)(12 - 2)0,1236^3} = 0,50$$

4. Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{Y}} = \frac{0,1236}{1,8402} = 0,0672$$

5. Koefisien Kurtosis

Nilai $\sum(X - \bar{X})^4$ dapat dilihat pada tabel 4.4

$$C_k = \frac{\sum(X - \bar{X})^4 \cdot n^2}{(n - 1)(n - 2)S^4} = \frac{0,0067 \times 12^2}{(12 - 1)(12 - 2)0,1236^4} = 4,1979$$

Hasil Perhitungan untuk distribusi Log Normal dan Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Log-Normal

No	Tahun	X (mm)	Log (X)	Log (X - \bar{X})	Log (X - \bar{X}) ²	Log (X - \bar{X}) ³	Log (X - \bar{X}) ⁴
1	2015	117,58	2,0703	0,2301	0,0530	0,0122	0,0028
2	2008	109,55	2,0396	0,1994	0,0398	0,0079	0,0016
3	2014	80,03	1,9032	0,0630	0,0040	0,0003	0,0000
4	2007	72,99	1,8633	0,0231	0,0005	0,0000	0,0000
5	2013	72,48	1,8602	0,0200	0,0004	0,0000	0,0000
6	2012	68,69	1,8369	-0,0033	0,0000	0,0000	0,0000
7	2010	65,98	1,8194	-0,0208	0,0004	0,0000	0,0000
8	2011	61,86	1,7914	-0,0488	0,0024	-0,0001	0,0000
9	2006	59,90	1,7774	-0,0627	0,0039	-0,0002	0,0000
10	2005	57,32	1,7583	-0,0819	0,0067	-0,0005	0,0000
11	2004	54,66	1,7376	-0,1025	0,0105	-0,0011	0,0001
12	2009	42,13	1,6245	-0,2156	0,0465	-0,0100	0,0022
JUMLAH			22,0823		0,1681	0,0084	0,0067

(Hasil Perhitungan)

4.1.3 Penentuan Uji Distribusi

Setiap nilai CS, CV, dan CK yang telah dihitung, memiliki parameter seperti pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Penentuan Uji Distribusi Berdasarkan Parameter yang Digunakan

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 1,16$ $C_k = 4,65$	NO NO
2	Log Normal	$C_s = 0,15$ $C_k = 3,04$	$C_s = 0,50$ $C_k = 4,1979$	NO NO

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.5 (Lanjutan) Penentuan Uji Distribusi Berdasarkan Parameter yang Digunakan

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
3	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_K = 5.40$	$C_s = 1,16$ $C_K = 4,65$	NO NO
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas	$C_s = 0,50$ $C_K = 4,1979$	OK OK

(Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat disimpulkan yang memenuhi parameter yaitu Distribusi Log Pearson III

4.1.4 Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Distribusi yang akan dilakukan uji kecocokan parameter distribusi yaitu distribu Log Pearson III. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui data curah hujan yang ada sesuai atau tidak dengan jenis distribusi yang digunakan, sehingga diperkirakan dapat mewakili metode distribusi tersebut. Pengujian parameter yang digunakan pada pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu uji *Chi-Square* dan uji Smirnov Kolmogorov.

4.1.4.1 Uji *Chi-Square*

Langkah-langkah uji *Chi-Square* untuk distribusi Log Pearson III dijelaskan sebagai berikut :

- Data diurutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
Banyaknya data (n) = 12
- Banyaknya Kelas (G)

$$G = 1 + 3,322 \log(n)$$

$$= 1 + 3,322 \log(12)$$

$$= 4,585 \approx 5$$
- Interval Peluang (P)

$$P = \frac{1}{G} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Maka peluang tiap grup :

Sub grup 1 = $P \leq 0,2$

Sub grup 2 = $0,2 < P \leq 0,4$

Sub grup 3 = $0,4 < P \leq 0,6$

Sub grup 4 = $0,6 < P \leq 0,8$

Sub grup 5 = $P > 0,80$

- Derajat Kebebasan (dk)

$$dk = G - R - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$$

- Berdasarkan perhitungan parameter statistik, diperoleh

$$\overline{\log X} = 1,8402$$

$$\overline{\log X} = 0,1236$$

$$Cs = 0,50$$

Persamaan distribusi normal :

$$\log X = \overline{\log X} + k \cdot \overline{\log X} = 1,8402 + 0,1236k$$

- Batasan sub grup

Untuk $P = 0,40$, maka :

$$T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun.}$$

Nilai $T = 2,5$ tahun dan $Cs = 0,50$, maka nilai k diperoleh dari interpolasi tabel 2.6 sebagai berikut :

$$k = -0,083 + \left(\frac{(2,5-2)}{(5-2)} \times (0,808 + 0,083) \right) = 0,0655$$

Dengan memasukkan nilai k , maka diperoleh batasan sub grup, berikut :

$$\log X = 1,8402 + 0,1236k$$

$$= 1,8402 + 0,1236(0,0655)$$

$$= 1,8483$$

$$X = 10^{1,8483} = 70,52 \text{ mm}$$

Seluruh batas sub-grup dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan Pengujian Parameter Uji Chi-Square untuk Distribusi Log-Pearson III

No	Batas Sub Grup	O _i	E _i	(O _i – E _i) ²	(O _i – E _i) ² /E _i
1	X > 87,11	2	2,4	0,16	0,0667
2	87,11 > X ≥ 70,52	3	2,4	0,36	0,1500
3	70,52 > X ≥ 65,74	2	2,4	0,16	0,0667
4	65,74 > X ≥ 63,44	0	2,4	5,76	2,400
5	X < 63,44	5	2,4	6,76	2,8167
	Jumlah	12	12		5,5000

(Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel pada lampiran 1, nilai kritis untuk uji Chi-Square, dengan nilai dk = 2 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, maka diperoleh harga χ^2_{Cr} sebesar 5,991. Chi Kuadrat (χ^2_h) 5,5000 < 5,991 nilai Chi- Kritis, maka hipotesis diterima.

4.1.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Langkah-langkah uji Smirnov-Kolmogorov untuk distribusi Log Pearson III dijelaskan sebagai berikut :

- Data harus diurutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya. Banyaknya data (n) = 12.

- Berdasarkan data yang telah diurutkan dari besar ke kecil :

$$Y = 2,07 \text{ mm} \rightarrow m = 1$$

$$\overline{SLogX} = 0,1236$$

$$\overline{LogX} = 1,8402$$

- Peluang pengamatan, P(X)

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{12+1} = 0,0769$$

$$P(X<) = 1 - P(X) = 1 - 0,0769 = 0,9231$$

- Peluang teoritis, f(t)

$$f(t) = \frac{\log X - \log \overline{X}}{\overline{SLogX}} = \frac{2,07 - 1,8402}{0,1236} = 1.86$$

Berdasarkan nilai $f(t)$ diatas, maka diperoleh nilai $P'(X<)$ dari tabel pada lampiran 2 sebesar 0,9686

- Hasil dari $P'(X)$

$$P'(X) = 1 - P'(X<) = 1 - 0,9686 = 0,0314$$

- Diperoleh nilai D menggunakan persamaan 2.24

$$D = |P'(X) - P(X)| = |0,0314 - 0,0769| = 0,0455$$

Seluruh nilai D dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Perhitungan Pengujian Parameter Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Log-Normal

No	Y	M	P(X)	P(X<)	f(t)	P'(X<)	P'(X)	D
1	2,07	1	0,0769	0,9231	1,86	0,9686	0,0314	0,0455
2	2,04	2	0,1538	0,8462	1,61	0,9463	0,0537	0,1001
3	1,90	3	0,2308	0,7692	0,51	0,6950	0,3050	0,0742
4	1,86	4	0,3077	0,6923	0,19	0,5753	0,4247	0,1170
5	1,86	5	0,3846	0,6154	0,16	0,5636	0,4364	0,0518
6	1,84	6	0,4615	0,5385	-0,03	0,4880	0,5120	0,0505
7	1,82	7	0,5385	0,4615	-0,17	0,4325	0,5675	0,0290
8	1,79	8	0,6154	0,3846	-0,39	0,3483	0,6517	0,0363
9	1,78	9	0,6923	0,3077	-0,51	0,3050	0,6950	0,0027
10	1,76	10	0,7692	0,2308	-0,66	0,2546	0,7454	0,0238
11	1,74	11	0,8462	0,1538	-0,83	0,2033	0,7967	0,0495
12	1,62	12	0,9231	0,0769	-1,74	0,0409	0,9591	0,0360
							Dmax	0,1170

(Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 2.8, dengan nilai $n = 12$ dan derajat kepercayaan $(\alpha) = 5\%$, maka diperoleh D_0 sebesar 0,3663. D_0 lebih besar dari D_{max} , maka hipotesis diterima.

4.1.4.3 Kesimpulan Analisis Frekuensi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov yang telah dilakukan, diperoleh bahwa distribusi Log Pearson III memenuhi syarat yang diijinkan. Sehingga, untuk pengerjaan Tugas Akhir ini, distribusi Log Pearson III dapat digunakan sebagai curah hujan rencana.

Rumus 2.16 digunakan untuk menghitung tinggi hujan rencana. Hasil perhitungan tinggi hujan rencana dapat dilihat pada tabel 4.8. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk memperoleh tinggi hujan rencana :

- Nilai SlogX = 0,1236; $\overline{YlogX} = 1,8402$ mm
- Nilai k diperoleh dari tabel 2.5 dengan variable C_s dan periode ulang yang ditentukan. Dimana $C_s = 0,50$ dan pada perhitungan ini digunakan periode ulang 20, sehingga nilai k diperoleh dengan cara interpolasi berikut :

$$\begin{aligned} k &= k_{10} + \left(\frac{(20-10)}{(25-10)} \times (k_{25} - k_{10}) \right) \\ &= 1,323 + \left(\frac{10}{15} \times (1,910 - 1,323) \right) \\ &= 1,714 \end{aligned}$$

- Menghitung tinggi hujan rencana (Y)

$$\begin{aligned} YlogX &= \overline{YlogX} + k.SlogX \\ &= 1,8402 + (1,714 \times 0,1236) \\ &= 2,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Y = 112,75 \text{ mm}$$

Tabel 4.8 Tinggi Hujan Rencana Tiap Periode Ulang

Periode Ulang (Tahun)	Tinggi Hujan (mm)
5	88,31
10	100,87
20	112,75
25	119,21
50	133,63
100	148,68

(Hasil Perhitungan)

4.1.5 Analisis Debit Banjir Rencana

4.1.5.1 Analisis Debit Banjir dengan Metode Nakayasu

Perhitungan analisis debit banjir rencana menggunakan metode Nakayasu, karena data yang tersedia mendukung untuk dilakukannya perhitungan menggunakan rumus tersebut. Langkah-langkah untuk menghitung debit menggunakan metode Nakayasu, antara lain :

a. Diketahui:

Panjang sungai (L) = 38,31 km

CA = 149,63 km²

Ro = 1 mm

b. Menghitung nilai T_{0,30}

Digunakan $\alpha = 3$, maka :

tg = 0,40 + 0,058L = 0,40 + (0,058 × 38,31) = 2,62

T_{0,30} = $\alpha \times \text{tg} = 3 \times 2,62 = 7,87$ jam

c. Menghitung nilai Tr dan Tp

Tr = tg = 2,62

Tp = tg + 0,80Tr = 2,62 + (0,80 × 2,62) = 4,72 jam

d. Menghitung Qp

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{CA \times Ro}{3,60(0,30T_p + T_{0,30})} \\ &= \frac{149,63 \times 1}{3,60(0,30(4,72) + 7,87)} \\ &= 4,48 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

e. Pada kurva naik, $0 < t < T_p$

Untuk $0 < t < 4,72$ jam

Contoh perhitungan :

Untuk t = 1 jam

$$Q_1 = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} = 4,48 \left(\frac{1}{4,72} \right)^{2,4} = 0,1081 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil Q dapat dilihat pada tabel 4.9

- f. Pada kurva turun, $T_P < t < T_P + T_{0,30}$
 $T_P + T_{0,30} = 4,72 + 7,87 = 12,59$ jam
Rentang waktu $4,72 \text{ jam} < t < 12,59 \text{ jam}$
Contoh perhitungan Q_t , untuk $t = 5$ jam :

$$Q_5 = Q_P \times 0,30^{(t-T_P)/T_{0,30}}$$

$$= 4,48 \times 0,30^{(5-4,72)/7,87}$$

$$= 4,2898 \text{ m}^3/\text{detik}$$
Hasil Q dapat dilihat pada tabel 4.9
- g. Pada kurva turun, $T_P + T_{0,30} < t < T_P + T_{0,30} + 1,5T_{0,30}$
 $T_P + T_{0,30} + 1,5T_{0,30} = 4,72 + 12,59 + 1,5(12,59) = 24,38$ jam
Rentang waktu $12,59 \text{ jam} < t < 24,38 \text{ jam}$
Contoh perhitungan Q_t , untuk $t = 13$ jam :

$$Q_{13} = Q_P \times 0,30^{[(t-T_P)+(0,50T_{0,30})]/(1,5T_{0,30})}$$

$$= 4,48 \times 0,30^{[(13-4,72)+(0,50 \times 7,87)]/(1,5 \times 7,87)}$$

$$= 1,2878 \text{ m}^3/\text{detik}$$
Hasil Q dapat dilihat pada tabel 4.9
- h. Pada kurva turun, $t > T_P + T_{0,30} + 1,5T_{0,30}$
Rentang waktu $t > 24,38$ jam
Contoh perhitungan Q_t , untuk $t = 25$ jam :

$$Q_{25} = Q_P \times 0,30^{[(t-T_P)+(0,50T_{0,30})]/(2T_{0,30})}$$

$$= 4,48 \times 0,30^{[(25-4,72)+(0,50 \times 12,59)]/(2 \times 12,59)}$$

$$= 0,3845 \text{ m}^3/\text{detik}$$
Hasil Q dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Q_t dengan Metode Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /detik)	t (jam)	Q (m ³ /detik)
0	0	5	4,2898
1	0,1081	6	3,6810
2	0,5704	7	3,1586
3	1,5094	8	2,7103
4	3,0107	9	2,3257
4,72	4,4790	10	1,9956

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.9 (Lanjutan) Hasil Perhitungan Qt dengan Metode Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /detik)	t (jam)	Q (m ³ /detik)
11	1,7124	21	0,5693
12	1,4694	22	0,5140
12,59	1,3434	23	0,4642
13	1,2878	24	0,4191
14	1,1628	24,38	0,4030
15	1,0500	25	0,3845
16	0,9482	26	0,3561
17	0,8562	27	0,3299
18	0,7731	28	0,3056
19	0,6981	29	0,2831
20	0,6304	30	0,2622

(Hasil Perhitungan)

i. Hasil koreksi metode Nakayasu

$$\text{Nilai } \bar{Q} = (Q_n + Q_{n-1})/2$$

Volume diperoleh dengan cara dikalikan persatuan meter dan persatuan waktu.

Contoh :

$$\bar{Q}_1 = (Q_0 + Q_1)/2 = (0 + 0,1081)/2 = 0,05 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume} = \bar{Q}_1 \times 1 \times 3600 = 0,05 \times 3600 = 194,53 \text{ m}^3$$

Selain contoh perhitungan diatas, hasil perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.10

Cara menghitung faktor koreksi :

- Menghitung kedalaman hujan (P)

$$\begin{aligned} P &= CA \times 1/1000 \times 1000000 \\ &= 149,63 \times 1000 \\ &= 149630 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Menghitung faktor koreksi

$$f = \frac{\sum \text{Volume asli}}{P} = \frac{158149,40}{149630} = 1,057$$

Untuk hasil perhitungan Hidrograf koreksi dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Hidrograf Asli

t (jam)	Q (m ³ /detik)	\bar{Q} (m ³ /detik)	Volume (m ³)
0	0	0	0
1	0,1081	0,05	194,53
2	0,5704	0,34	1221,28
3	1,5094	1,04	3743,70
4	3,0107	2,26	8136,16
4,72	4,4790	3,74	13481,38
5	4,2898	4,38	15783,90
6	3,6810	3,99	14347,56
7	3,1586	3,42	12311,31
8	2,7103	2,93	10564,05
9	2,3257	2,52	9064,77
10	1,9956	2,16	7778,27
11	1,7124	1,85	6674,35
12	1,4694	1,59	5727,11
12,59	1,3434	1,41	5062,95
13	1,2878	1,32	4736,09
14	1,1628	1,23	4411,09
15	1,0500	1,11	3983,18
16	0,9482	1,00	3596,78
17	0,8562	0,90	3247,87
18	0,7731	0,81	2932,80
19	0,6981	0,74	2648,30
20	0,6304	0,66	2391,39
21	0,5693	0,60	2159,41
22	0,5140	0,54	1949,93
23	0,4642	0,49	1760,77
24	0,4191	0,44	1589,96
24,38	0,4030	0,41	1479,89
25	0,3845	0,39	1417,49
26	0,3561	0,37	1333,12
27	0,3299	0,34	1234,90
28	0,3056	0,32	1143,92
29	0,2831	0,29	1059,64
30	0,2622	0,27	981,57
Jumlah	59,705		158149,40

(Hasil Perhitungan)

Nilai Q setelah dikoreksi diperoleh dari Q Asli dikalikan dengan faktor koreksi, Tabel 4.11

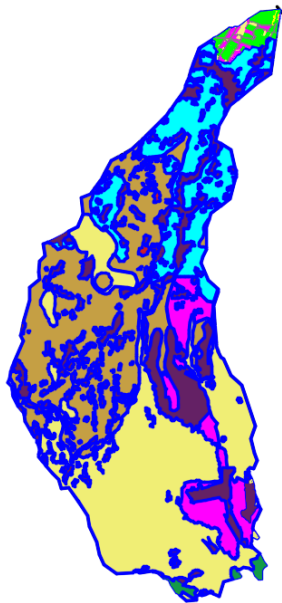
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Hidrograf Terkoreksi

t (jam)	Q (m ³ /detik)	\bar{Q} (m ³ /detik)	Volume (m ³)
0	0	0	0
1	0,10	0,05	184,05
2	0,54	0,32	1155,49
3	1,43	0,98	3542,03
4	2,85	2,14	7697,87
4,72	4,24	3,54	12755,15
5	4,06	4,15	14933,63
6	3,48	3,77	13574,67
7	2,99	3,24	11648,11
8	2,56	2,78	9994,97
9	2,20	2,38	8576,46
10	1,89	2,04	7359,26
11	1,62	1,75	6314,81
12	1,39	1,51	5418,59
12,59	1,27	1,33	4790,21
13	1,22	1,24	4480,96
14	1,10	1,16	4173,46
15	0,99	1,05	3768,61
16	0,90	0,95	3403,02
17	0,81	0,85	3072,91
18	0,73	0,77	2774,81
19	0,66	0,70	2505,63
20	0,60	0,63	2262,57
21	0,54	0,57	2043,08
22	0,49	0,51	1844,89
23	0,44	0,46	1665,92
24	0,40	0,42	1504,31
24,38	0,38	0,39	1400,17
25	0,36	0,37	1341,13
26	0,34	0,35	1261,30
27	0,31	0,32	1168,37
28	0,29	0,30	1082,29
29	0,27	0,28	1002,56
30	0,25	0,26	928,69
Jumlah	41,69		149630

(Hasil Perhitungan)

4.1.5.2 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Nilai koefisien pengaliran tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Jika terdapat berbagai macam nilai, maka digunakan rumus 2.26. Masing-masing nilai C, A dan hasil dapat dilihat pada tabel 4.15. Batas wilayah untuk setiap jenis nilai koefisien pengaliran dan keterangannya dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.4 Peta RTRW Kota/Kabupaten Pasuruan



Gambar 4.5 Keterangan Jenis Nilai C

Tabel 4.12 Nilai Koefisien Pengaliran pada DAS Sungai Petung

KOTA PASURUAN				
No.	Jenis	C	A (m ²)	C.A (m ²)
1	Pertanian lahan basah	0,15	2912040,332	436806,050
2	Permukiman	0,70	1328612,193	930028,535
3	Permukiman	0,70	1227066,148	858946,303
4	Permukiman	0,70	65246,175	45672,323
5	Aspal	0,95	291944,964	277347,715
KABUPATEN PASURUAN				
6	Hutan produksi	0,05	48237076,957	2411853,848
7	Pertanian lahan kering	0,40	38510439,737	15404175,895
8	Permukiman	0,70	26899309,778	18829516,845
9	Perkebunan	0,40	9554239,211	3821695,684
10	Hutan lindung	0,30	878922,183	263676,655
11	Pertanian lahan basah	0,15	19443624,867	2916543,730
12	Kawasan industri	0,75	281477,454	211108,091
		Σ	149630000	46407371,674

(Hasil Perhitungan)

$$C = \frac{\Sigma C.A}{\Sigma A} = \frac{46407371,674}{149630000} = 0,310$$

Jadi, nilai koefisien pengaliran untuk DAS Petung sebesar 0,310.

4.1.5.3 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif membutuhkan nilai koefisien pengaliran (C) dan tinggi hujan rencan (tabel 4.10). Contoh perhitungan curah hujan efektif untuk periode ulang 5 tahun :

$$R_{\text{eff}} = C \times R_5 = 0,310 \times 88,31 = 27,39 \text{ mm}$$

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Curha Hujan efektif

Periode Ulang (tahun)	R (mm)	C	R _{eff} (mm)
5	88,31	0,310	27,39
10	100,87	0,310	31,28
20	112,75	0,310	34,97
25	119,21	0,310	36,97
50	133,63	0,310	41,44
100	148,68	0,310	46,11

(Hasil Perhitungan)

4.1.5.4 Perhitungan Hujan Jam-Jaman

Perhitungan debit menggunakan metode hidrograf satuan sintesis memerlukan data hujan jam-jaman. Lamanya hujan terpusat di Indonesia tidak lebih dari 7 jam. Hal ini didasari dari Laporan Akhir Departemen Pekerjaan Umum. Oleh karena itu, direncanakan durasi optimum hujan rencana di wilayah Kota Pasuruan sebesar 4 jam. Hasil perhitungan hujan jam-jaman dapat dilihat pada tabel 4.17. Berikut merupakan contoh perhitungan hujan jam-jaman periode ulang 5 tahun untuk 0 s/d 1 jam:

$$I = \frac{R_{24}}{4} \left(\frac{4}{t} \right)^{2/3} = \frac{27,39}{4} \left(\frac{4}{1} \right)^{2/3} = 17,25 \text{ mm/jam}$$

$$R = 17,25 \times 1 \text{ jam} = 17,25 \text{ mm}$$

Tabel 4.14 Hujan Jam-Jaman DAS Petung

Periode Ulang (tahun)	R_{eff} (mm)	Jam ke-			
		0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4
		R (mm)			
5	27,39	17,25	10,87	8,30	6,85
10	31,28	19,71	12,42	9,47	7,82
20	34,97	22,03	13,88	10,59	8,74
25	36,97	23,29	14,67	11,20	9,24
50	41,44	26,11	16,45	12,55	10,36
100	46,11	29,05	18,30	13,97	11,53

(Hasil Perhitungan)

4.1.5.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dengan cara mengalikan debit koreksi nakayasu (tabel 4.18) dengan nilai hujan jam-jaman. Berikut contoh perhitungan Debit banjir periode ulang 5 tahun pada $t = 2$ jam :

$$UH_{t=2 \text{ jam}} = 0,540$$

$$\text{Jam ke } 0 - 1 : Q = 17,25 \times 0,540 = 9,312 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Jam ke } 1 - 2 : Q = 10,87 \times 0,540 = 1,111 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Jam ke } 2 - 3 : Q = 0$$

$$\text{Jam ke } 3 - 4 : Q = 0$$

$$Q_{\text{total}} = 9,312 + 1,111 = 10,423 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan debit rencana tiap periode ulang dapat dilihat pada tabel 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, dan 4.21.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Debit Koreksi Metode Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /s)
0	0
1	0,102
2	0,540
3	1,428
4	2,848
4,72	4,238
5	4,059
6	3,483
7	2,988
8	2,564
9	2,200
10	1,888
11	1,620
12	1,390
12,59	1,271
13	1,218
14	1,100
15	0,993
16	0,897
17	0,810
18	0,731
19	0,661
20	0,596
21	0,539
22	0,486
23	0,439
24	0,397
24,38	0,381
25	0,364
26	0,337
27	0,312
28	0,289
29	0,268
30	0,248

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.16 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 5 Tahun

T (jam)	UH	Reff				Q (m3/detik)
		24.36	15.34	11.71	9.67	
		Jam ke-				
		0 s/d 1	1 s/d 2	2 s/d 3	3 s/d 4	
0	0	0				0
1	0,102	1,764	0			1,764
2	0,540	9,312	1,111	0		10,423
3	1,428	24,641	5,866	0,848	0	31,355
4	2,848	49,149	15,523	4,477	0,700	69,849
4.72	4,238	73,119	30,962	11,846	3,695	119,622
5	4,059	70,031	46,062	23,628	9,779	149,501
6	3,483	60,092	44,117	35,152	19,505	158,866
7	2,988	51,564	37,856	33,668	29,017	152,104
8	2,564	44,246	32,483	28,889	27,792	133,410
9	2,200	37,966	27,873	24,789	23,848	114,476
10	1,888	32,578	23,917	21,271	20,463	98,229
11	1,620	27,954	20,523	18,252	17,559	84,288
12	1,390	23,987	17,610	15,662	15,067	72,326
12.59	1,271	21,931	15,111	13,439	12,929	63,409
13	1,218	21,023	13,816	11,532	11,094	57,464
14	1,100	18,983	13,243	10,543	9,519	52,289
15	0,993	17,142	11,959	10,107	8,703	47,910
16	0,897	15,479	10,799	9,126	8,343	43,746
17	0,810	13,977	9,751	8,241	7,534	39,503
18	0,731	12,621	8,805	7,441	6,803	35,671
19	0,661	11,397	7,951	6,720	6,143	32,210
20	0,596	10,291	7,180	6,068	5,547	29,086
21	0,539	9,293	6,483	5,479	5,009	26,264
22	0,486	8,392	5,854	4,948	4,523	23,716
23	0,439	7,578	5,286	4,468	4,084	21,416
24	0,397	6,842	4,774	4,034	3,688	19,338
24.38	0,381	6,579	4,310	3,643	3,330	17,863
25	0,364	6,276	4,145	3,290	3,007	16,718
26	0,337	5,814	3,954	3,163	2,715	15,646
27	0,312	5,386	3,663	3,017	2,611	14,677
28	0,289	4,989	3,393	2,795	2,491	13,668
29	0,268	4,621	3,143	2,589	2,307	12,661
30	0,248	4,281	2,911	2,398	2,137	11,728

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.17 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 10 Tahun

T (jam)	UH	Reff				Q (m3/detik)
		19.71	12.42	9.47	7.82	
		Jam ke-				
		0 s/d 1	1 s/d 2	2 s/d 3	3 s/d 4	
0	0	0				0
1	0.102	2.015	0.000			2.015
2	0.540	10.636	1.269	0.000		11.905
3	1.428	28.145	6.700	0.969	0.000	35.814
4	2.848	56.137	17.730	5.113	0.800	79.780
4.72	4.238	83.515	35.364	13.530	4.221	136.630
5	4.059	79.988	52.611	26.988	11.169	170.756
6	3.483	68.636	50.389	40.150	22.278	181.453
7	2.988	58.895	43.238	38.454	33.143	173.730
8	2.564	50.536	37.102	32.997	31.743	152.378
9	2.200	43.364	31.836	28.314	27.238	130.752
10	1.888	37.210	27.318	24.295	23.373	112.195
11	1.620	31.929	23.441	20.847	20.055	96.272
12	1.390	27.397	20.114	17.889	17.209	82.609
12.59	1.271	25.049	17.259	15.350	14.767	72.425
13	1.218	24.012	15.780	13.171	12.671	65.634
14	1.100	21.682	15.126	12.042	10.873	59.724
15	0.993	19.579	13.659	11.544	9.941	54.722
16	0.897	17.680	12.334	10.424	9.529	49.966
17	0.810	15.965	11.137	9.413	8.605	45.119
18	0.731	14.416	10.057	8.499	7.770	40.742
19	0.661	13.017	9.081	7.675	7.016	36.790
20	0.596	11.755	8.200	6.930	6.336	33.221
21	0.539	10.614	7.405	6.258	5.721	29.998
22	0.486	9.585	6.687	5.651	5.166	27.088
23	0.439	8.655	6.038	5.103	4.665	24.461
24	0.397	7.815	5.452	4.608	4.212	22.088
24.38	0.381	7.515	4.923	4.161	3.804	20.403
25	0.364	7.169	4.734	3.757	3.435	19.095
26	0.337	6.641	4.516	3.613	3.102	17.871
27	0.312	6.151	4.183	3.446	2.982	16.763
28	0.289	5.698	3.875	3.193	2.845	15.611
29	0.268	5.278	3.590	2.957	2.635	14.461
30	0.248	4.890	3.325	2.739	2.441	13.395

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.18 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 20 Tahun

T (jam)	UH	Reff				Q (m3/detik)
		22.03	13.88	10.59	8.74	
		Jam ke-				
		0 s/d 1	1 s/d 2	2 s/d 3	3 s/d 4	
0	0	0				0
1	0.102	2.253	0.000			2.253
2	0.540	11.889	1.419	0.000		13.308
3	1.428	31.461	7.490	1.083	0.000	40.034
4	2.848	62.752	19.819	5.716	0.894	89.181
4.72	4.238	93.356	39.531	15.125	4.718	152.731
5	4.059	89.414	58.811	30.168	12.485	190.878
6	3.483	76.724	56.327	44.881	24.903	202.836
7	2.988	65.835	48.333	42.986	37.049	194.203
8	2.564	56.492	41.474	36.885	35.484	170.335
9	2.200	48.474	35.588	31.650	30.448	146.160
10	1.888	41.595	30.537	27.158	26.127	125.417
11	1.620	35.691	26.203	23.304	22.419	107.617
12	1.390	30.626	22.484	19.997	19.237	92.344
12.59	1.271	28.001	19.293	17.159	16.507	80.959
13	1.218	26.841	17.639	14.723	14.164	73.368
14	1.100	24.237	16.909	13.461	12.154	66.761
15	0.993	21.886	15.269	12.904	11.112	61.171
16	0.897	19.763	13.787	11.652	10.652	55.854
17	0.810	17.846	12.450	10.522	9.619	50.436
18	0.731	16.115	11.242	9.501	8.686	45.543
19	0.661	14.551	10.152	8.579	7.843	41.125
20	0.596	13.140	9.167	7.747	7.082	37.136
21	0.539	11.865	8.278	6.996	6.395	33.533
22	0.486	10.714	7.475	6.317	5.775	30.280
23	0.439	9.675	6.749	5.704	5.215	27.343
24	0.397	8.736	6.095	5.151	4.709	24.691
24.38	0.381	8.400	5.504	4.651	4.252	22.807
25	0.364	8.014	5.292	4.200	3.839	21.345
26	0.337	7.423	5.048	4.038	3.467	19.977
27	0.312	6.876	4.676	3.853	3.334	18.739
28	0.289	6.370	4.332	3.569	3.180	17.450
29	0.268	5.900	4.013	3.306	2.946	16.165
30	0.248	5.466	3.717	3.062	2.729	14.974

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.19 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 25 Tahun

T (jam)	UH	Reff				Q (m3/detik)
		23.29	14.67	11.20	9.24	
		Jam ke-				
		0 s/d 1	1 s/d 2	2 s/d 3	3 s/d 4	
0	0	0				0
1	0.102	2.382	0.000			2.382
2	0.540	12.570	1.500	0.000		14.071
3	1.428	33.263	7.919	1.145	0.000	42.327
4	2.848	66.346	20.955	6.043	0.945	94.289
4.72	4.238	98.704	41.796	15.991	4.989	161.479
5	4.059	94.536	62.180	31.896	13.201	201.812
6	3.483	81.119	59.554	47.452	26.330	214.454
7	2.988	69.606	51.102	45.448	39.171	205.327
8	2.564	59.728	43.849	38.998	37.517	180.091
9	2.200	51.251	37.626	33.463	32.192	154.532
10	1.888	43.977	32.286	28.714	27.623	132.600
11	1.620	37.736	27.704	24.639	23.703	113.781
12	1.390	32.380	23.772	21.142	20.339	97.633
12.586	1.271	29.605	20.398	18.141	17.452	85.597
13	1.218	28.379	18.650	15.567	14.975	77.570
14	1.100	25.626	17.877	14.232	12.850	70.585
15	0.993	23.140	16.143	13.643	11.749	64.674
16	0.897	20.895	14.577	12.320	11.262	59.054
17	0.810	18.868	13.163	11.124	10.170	53.325
18	0.731	17.038	11.886	10.045	9.183	48.152
19	0.661	15.385	10.733	9.071	8.292	43.481
20	0.596	13.892	9.692	8.191	7.488	39.263
21	0.539	12.545	8.752	7.396	6.761	35.454
22	0.486	11.328	7.903	6.679	6.106	32.015
23	0.439	10.229	7.136	6.031	5.513	28.909
24	0.397	9.237	6.444	5.446	4.978	26.105
24.384	0.381	8.881	5.819	4.918	4.495	24.113
25	0.364	8.473	5.595	4.441	4.059	22.567
26	0.337	7.848	5.337	4.270	3.666	21.121
27	0.312	7.270	4.944	4.073	3.525	19.812
28	0.289	6.735	4.580	3.773	3.362	18.450
29	0.268	6.238	4.243	3.495	3.115	17.091
30	0.248	5.779	3.930	3.238	2.885	15.832

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.20 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 50 Tahun

T (jam)	UH	Reff				Q (m3/detik)
		26.11	16.45	12.55	10.36	
		Jam ke-				
		0 s/d 1	1 s/d 2	2 s/d 3	3 s/d 4	
0	0	0				0
1	0.102	2.670	0.000			2.670
2	0.540	14.090	1.682	0.000		15.772
3.00	1.428	37.285	8.876	1.283	0.000	47.445
4	2.848	74.369	23.488	6.774	1.059	105.691
4.72	4.238	110.639	46.850	17.925	5.592	181.005
5	4.059	105.967	69.698	35.753	14.797	226.215
6	3.483	90.928	66.755	53.190	29.513	240.386
7	2.988	78.023	57.281	50.944	43.907	230.155
8	2.564	66.950	49.151	43.714	42.053	201.868
9	2.200	57.448	42.176	37.510	36.085	173.218
10	1.888	49.295	36.190	32.186	30.963	148.635
11	1.620	42.299	31.054	27.618	26.569	127.540
12	1.390	36.296	26.647	23.699	22.798	109.439
12.59	1.271	33.184	22.865	20.335	19.563	95.947
13	1.218	31.810	20.905	17.449	16.786	86.950
14	1.100	28.724	20.039	15.953	14.404	79.121
15	0.993	25.938	18.095	15.293	13.169	72.495
16	0.897	23.422	16.340	13.809	12.624	66.194
17	0.810	21.150	14.755	12.470	11.399	59.773
18	0.731	19.098	13.323	11.260	10.293	53.975
19	0.661	17.245	12.031	10.168	9.295	48.739
20	0.596	15.572	10.864	9.181	8.393	44.011
21	0.539	14.062	9.810	8.291	7.579	39.741
22	0.486	12.698	8.858	7.486	6.844	35.886
23	0.439	11.466	7.999	6.760	6.180	32.405
24	0.397	10.354	7.223	6.104	5.580	29.261
24.38	0.381	9.955	6.522	5.512	5.039	27.029
25	0.364	9.497	6.271	4.977	4.550	25.296
26	0.337	8.797	5.983	4.786	4.109	23.675
27	0.312	8.149	5.542	4.566	3.951	22.208
28	0.289	7.549	5.134	4.229	3.769	20.681
29	0.268	6.993	4.756	3.918	3.491	19.157
30	0.248	6.478	4.405	3.629	3.234	17.746

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.21 Hasil Debit Rencana Periode Ulang 100 Tahun

T (jam)	UH	Reff				Q (m3/detik)
		29.05	18.30	13.97	11.53	
		Jam ke-				
		0 s/d 1	1 s/d 2	2 s/d 3	3 s/d 4	
0	0	0				0
1	0.102	2.970	0.000			2.970
2	0.540	15.678	1.871	0.000		17.549
3	1.428	41.486	9.876	1.428	0.000	52.790
4	2.848	82.747	26.134	7.537	1.179	117.597
4.72	4.238	123.103	52.127	19.944	6.222	201.396
5	4.059	117.905	77.550	39.781	16.464	251.699
6	3.483	101.171	74.275	59.182	32.838	267.467
7	2.988	86.813	63.734	56.683	48.854	256.083
8	2.564	74.492	54.689	48.638	46.791	224.609
9	2.200	63.920	46.927	41.735	40.150	192.732
10	1.888	54.848	40.267	35.812	34.452	165.379
11	1.620	47.064	34.552	30.729	29.562	141.908
12	1.390	40.385	29.648	26.368	25.367	121.768
12.59	1.271	36.923	25.441	22.626	21.767	106.756
13	1.218	35.394	23.260	19.415	18.677	96.746
14	1.100	31.960	22.297	17.751	16.027	88.034
15	0.993	28.860	20.134	17.015	14.653	80.662
16	0.897	26.060	18.181	15.365	14.046	73.652
17	0.810	23.532	16.417	13.874	12.683	66.507
18	0.731	21.249	14.824	12.528	11.453	60.055
19	0.661	19.188	13.386	11.313	10.342	54.229
20	0.596	17.327	12.088	10.216	9.339	48.969
21	0.539	15.646	10.915	9.225	8.433	44.218
22	0.486	14.128	9.856	8.330	7.615	39.929
23	0.439	12.758	8.900	7.522	6.876	36.055
24	0.397	11.520	8.037	6.792	6.209	32.558
24.38	0.381	11.077	7.257	6.133	5.607	30.074
25	0.364	10.567	6.978	5.538	5.063	28.146
26	0.337	9.789	6.657	5.325	4.572	26.342
27	0.312	9.067	6.166	5.080	4.396	24.710
28	0.289	8.399	5.712	4.706	4.194	23.011
29	0.268	7.781	5.291	4.359	3.885	21.315
30	0.248	7.207	4.901	4.038	3.598	19.745

(Hasil Perhitungan)

4.2 Analisis Hidrolika

Data yang diperoleh untuk penentuan pasang surut berupa data sekunder yang diperoleh dari kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kota Pasuruan. Data sekunder ini harus diolah. Pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty. Langkah-langkah pengolahan data dengan metode Admiralty, antara lain :

1. Skema I

Data yang diperoleh di plotkan sesuai skema I, ke kanan menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00 dan ke bawah berupa tanggal pengamatan dari tanggal 1 Januari 2017 sampai dengan 29 Januari 2017, lampiran 4.

2. Skema II

Pengisian kolom-kolom pada skema II dibantu tabel 2.12 dan 2.13. Nilai yang tertera pada tabel 2.12 dan 2.13 dikalikan dengan nilai pengamatan. Pengali dalam tabel hanya berisi +1 dan -1. Contoh perhitungan pada tanggal 1 Januari 2017 untuk X1, tabel 4.22.

Tabel 4.22. Contoh Perhitungan X1 tanggal 1 Januari 2017

Jam	Konstanta	Hasil Pengamatan	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)×(3)
00.00	-1	2.7	-2.7
01.00	-1	2.5	-2.5
02.00	-1	2.1	-2.1
03.00	-1	1.6	-1.6
04.00	-1	1.1	-1.1
05.00	-1	0.7	-0.7
06.00	1	0.4	0.4
07.00	1	0.3	0.3
08.00	1	0.4	0.4
09.00	1	0.7	0.7

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.22 (Lanjutan) Contoh perhitungan X1 tanggal 1 Januari 2017

Jam	Konstanta	Hasil Pengamatan	Hasil
10.00	1	1.1	1.1
11.00	1	1.4	1.4
12.00	1	1.7	1.7
13.00	1	1.9	1.9
14.00	1	1.9	1.9
15.00	1	1.8	1.8
16.00	1	1.7	1.7
17.00	1	1.6	1.6
18.00	-1	1.5	-1.5
19.00	-1	1.6	-1.6
20.00	-1	1.8	-1.8
21.00	-1	2.1	-2.1
22.00	-1	2.3	-2.3
23.00	-1	2.6	-2.6

(Hasil Pehitungan)

X1 (+) merupakan penjumlahan seluruh hasil perkalian konstanta dengan hasil pengamatan yang bernilai positif. X1 (-) merupakan penjumlahan seluruh hasil perkalian konstanta dengan hasil pengamatan yang bernilai negatif. Pada tanggal 1 Januari 2017 besarnya X1 (+) = 14.9 dan X1 (-) = - 22.6

Hasilnya X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 dapat dilihat pada lampiran 5

3. Skema III

Setiap kolom-kolom pada skema III merupakan penjumlahan dari perhitungan kolom-kolom pada skema II. Langkah-langkah untuk mengerjakan skema III :

- Untuk X0 (+) pada skema III merupakan penjumlahan dari data skema II antara X1 (+) dengan X1 (-) tanpa

melihat tanda (+) dan (-) mulai tanggal 1 s/d 29 Januari 2017.

Contoh perhitungan :

$$X0 \text{ (1 Januari 2017)} = 14.90 + 22.60 = 37.50$$

$$X0 \text{ (2 Januari 2017)} = 15.10 + 22.50 = 37.60$$

- b. Untuk X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 merupakan penjumlahan tanda (+) dan (-) untuk mengatasi hasilnya tidak ada yang negatif maka ditambahkan dengan 2000. Hal ini dilakukan juga untuk kolom X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4. Hasil dari skema III, tabel 4.14

Contoh perhitungan :

$$X1+ = 14.90 - 22.60 + 2000 = 1992.30$$

$$Y1+ = 15.10 - 22.50 + 2000 = 1992.60$$

4. Skema IV

Tabel pada skema-IV diisi dengan data setelah penyelesaian skema-III dibantu dengan tabel 2.23 dan 2.24. Arti indeks pada skema-IV :

- Indeks 00 untuk X berarti X00, X0 pada skema-III dan indeks 0 pada tabel 2.14 dan 2.15
- Indeks 00 untuk Y berarti Y00, Y0 pada skema-III dan indeks 0 pada tabel 2.14 dan 2.15

Hasil dari skema IV dapat dilihat pada lampiran 6 dan 7. Setiap nilai X dan Y pada index yang sama dengan tanda yang sama dijumlahkan (tabel 4.23)

Tabel 4.23. Rekap Perhitungan Skema-III (Januari 2017)

Tgl	X0	X1 2000	Y1 2000	X2 2000	Y2 2000	X4 2000	Y4 2000
1	37.50	1992.3	2007.5	2008.5	2006.8	2000.2	2000.1
2	37.60	1992.6	2006	2006.2	2009	2000	2000.4
3	37.90	1993.1	2004.7	2002.5	2009.8	1999.7	2000.5
4	38.20	1994	2003.8	1999	2008.9	1999.7	2000.4
5	38.60	1994.8	2003.6	1995.4	2006.6	1999.6	2000.2
6	39	1996.2	2003.8	1993.8	2002.5	1999.7	2000.2
7	39.30	1996.9	2004.7	1993.9	1997.8	1999.7	2000.1
8	39.42	1997.8	2006	1996	1993.6	1999.7	2000.2
9	39.10	1997.9	2007.3	2000.7	1991.1	1999.9	1999.7
10	39	1997.8	2008.8	2005.8	1990.5	2000.2	1999.6
11	38.60	1997.4	2010	2010.4	1992.8	2000.5	1999.4
12	38.10	1996.9	2010.1	2013.5	1997.1	2000.6	1999.5
13	37.60	1995.6	2010	2014.2	2001.8	2000.5	1999.8
14	37.50	1994.5	2009.3	2012.9	2006.5	2000.6	2000.1
15	37.70	1993.7	2008.1	2009.9	2010.1	2000.1	2000.3
16	37.70	1993.5	2006.3	2005.3	2011.4	1999.9	2000.5
17	38	1993.4	2005.2	2001.2	2010.4	1999.6	2000.2
18	38.50	1994.5	2003.9	1997.7	2008	1999.7	2000.3
19	38.60	1995.6	2003.4	1996	2004.8	1999.6	2000.2
20	38.90	1997.1	2003.5	1996.1	2001.8	2000	2000.1
21	39	1998.6	2004.2	1997.2	1998.8	2000	2000
22	38.90	1999.3	2005.7	1999.1	1996.8	2000	1999.9
23	39.10	1999.5	2007.3	2001.1	1995.7	1999.9	2000.1
24	39.10	1999.3	2008.7	2003.5	1995.5	1999.9	1999.7
25	38.50	1998.3	2009.7	2005.5	1995.7	1999.8	1999.7
26	38.50	1997.5	2010.3	2007.7	1996.8	2000.1	1999.7
27	38.10	1996.1	2010.3	2009.3	1998.3	2000.2	1999.9
28	37.80	1995	2009	2011	2000.6	2000.2	1999.8
29	37.10	1994.7	2008.3	2010.9	2003.5	1999.9	2000.5

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4.24. Hasil Penyusunan untuk Skema-IV

Index	Tanda	X	Y	X	Y
		Tambahan		Jumlah	
00	+	1112.92		1112.92	
10	+	57883.88	58119.48	-116.12	199.48
	-	58000	58000		
12	+	29917.40	30112.80	-49.08	26.12
	-	27966.48	28086.68		
(29)	(-)	2000	2000		
1b	+	23965.80	24110.80	25.5	57.7
	-	23940.30	24053.10		
13	+	29936.40	30105.80	-11.08	12.12
	-	27947.48	28093.68		
(29)	(-)	2000	2000		
1c	+	27845	28094.40	-0.18	-2.58
	-	27945.18	28096.98		
20	+	58104.28	58043.02	104.28	43.02
	-	58000	58000		
22	+	30109.80	30079	115.32	114.98
	-	27994.48	27964.02		
(29)	(-)	2000	2000		
2b	+	24095.60	23962.40	111.3	-107.4
	-	23984.30	24069.80		
23	+	30055.20	20047.80	6.12	52.58
	-	28049.08	27995.22		
(29)	(-)	2000	2000		
2c	+	28059.60	28027.90	24.82	22.88
	-	28034.78	28005.02		
42	+	30001	30002	2.50	2.92
	-	27998.50	27999.08		
(29)	(-)	2000	2000		
4b	+	24002.40	23997	5.20	-6.10
	-	23997.20	24003.10		
44	+	29999.70	30001.58	-0.10	2.80
	-	27999.80	27999.50		
(29)	(-)	2000	2000		
4d	+	24000.80	23999.60	2	-0.90
	-	23998.80	24000.50		

(Hasil Perhitungan)

5. Skema V dan VI

Kolom-kolom pada skema-V dan kolom-kolom pada skema-VI dengan bantuan tabel 2.25. Kolom pertama merupakan hasil data dari skema-IV. Kolom selanjutnya diperoleh dengan cara besaran-besaran yang ada pada kolom 1 dikalikan dengan tabel 2.16 yang ada pada tabel 8 dengan urutan S_0 , M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , dan MS_4 . Hasil skema-V dan VI dapat dilihat pada tabel 4.25

6. Skema VII

Langkah-langkah untuk menghitung skema VII :

- PR $\cos r$, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema-V untuk masing-masing kolom
- PR $\sin r$, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema-VI untuk masing-masing kolom.

- PR digunakan rumus berikut, contoh untuk PR (S_0)

$$\begin{aligned} PR &= \sqrt{(PR \sin r)^2 + (PR \cos r)^2} \\ &= \sqrt{1112.92^2 + 0^2} \\ &= 1112.92 \end{aligned}$$

- f didapatkan dengan menggunakan perhitungan berikut :

- Memperoleh nilai s, h, p, dan N dari persamaan :

$$Y = 2017$$

$$D = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 15 = 166$$

$$l = \frac{1}{4} (Y - 1901) = \frac{1}{4} (2017 - 1901) = 29$$

$$\begin{aligned} s &= 277.025 + 129.38481(Y - 1900) + 13.17640 (D + l) \\ &= 277.025 + 129.38481(2017 - 1901) + 13.17640 (166 + 29) \\ &= 17984.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= 280.190 - 0.23872(Y - 1900) + 0.98565(D + l) \\ &= 280.190 - 0.23872(2017 - 1900) + 0.98565(166 + 29) \\ &= 444.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= 334.385 + 40.66249(Y - 1900) + 0.1114(D+I) \\
 &= 334.385 + 40.66249(2017 - 1900) + 0.1114(166 \\
 &\quad + 29) \\
 &= 5113.62 \\
 N &= 259.157 - 19.32818(Y-1900) - 0.05295(D+I) \\
 &= 259.157 - 19.32818(2017-1900) - 0.0295(166 \\
 &\quad + 29) \\
 &= -2012.57
 \end{aligned}$$

- Untuk mencari nilai f pada M_2 , K_2 , O_1 , K_1 , S_2 , P_1 , N_2 , M_4 , MS_4 menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 fM_2 &= 1.0004 - 0.037 \cos N + 0.0002 \cos 2N \\
 &= 1.0004 - 0.037 \cos(-2012.57) + 0.0002 \\
 &\quad \cos(2 \times (-2012.57)) \\
 &= 1.0319
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 fK_2 &= 1.0241 + 0.2863 \cos N + 0.0083 \cos 2N - \\
 &\quad 0.0015 \cos 3N \\
 &= 1.0241 + 0.2863 \cos(-2012.57) + 0.0083 \\
 &\quad \cos(2 \times (-2012.57)) - 0.0015 \cos(2 \times (- \\
 &\quad 2012.57)) \\
 &= 0.7861
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 fO_1 &= 1.0089 + 0.1871 \cos N - 0.0147 \cos 2N + \\
 &\quad 0.0014 \cos 3N \\
 &= 1.0089 + 0.1871 \cos(-2012.57) - 0.0147 \\
 &\quad \cos(2 \times (-2012.57)) + 0.0014 \cos(3 \times (- \\
 &\quad 2012.57)) \\
 &= 0.8452
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 fK_1 &= 1.0060 + 0.1150 \cos N - 0.0088 \cos 2N + \\
 &\quad 0.0006 \cos 3N \\
 &= 1.0060 + 0.115 \cos(-2012.57) - 0.0088 \\
 &\quad \cos(2 \times (-2012.57)) + 0.0006 \cos (3 \times (- \\
 &\quad 2012.57)) \\
 &= 0.9055
 \end{aligned}$$

$$fS_2 = 1.0$$

$$fP_1 = 1.0$$

$$\begin{aligned}fN_2 &= fM_2 = 1.0319 \\fM_4 &= (fM_2)^2 = 1.0649 \\fMS_4 &= fM_2 = 1.0319\end{aligned}$$

e. $(1+W)$ pengisiannya merupakan hasil dari kolom-kolom pada skema VIII

f. V diperoleh dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}VM_2 &= -2s + 2h \\&= (-2 \times 17984.45) + (2 \times 444.45) \\&= 200.0115\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}VN_2 &= -3s + 2h + p \\&= (-3 \times 17984.45) + (2 \times 444.45) + 5113.62 \\&= 289.1850\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}VK_1 &= h + 90 \\&= 444.45 + 90 \\&= 534.45\end{aligned}$$

Jika nilai dari V negatif atau lebih dari 360 maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan : $360 \times 1 = 360$. Jadi nila awal dikurangi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka :

$$VK_1 = 534.45 - 360 = 174.45$$

$$\begin{aligned}VO_1 &= -2s + h + 270 \\&= (-2 \times 17984.45) + 444.45 + 270 \\&= 25.5600\end{aligned}$$

$$VK_2 = 2h = 2 \times 444.45 = 888.90$$

$$VS_2 = 0$$

$$VP_1 = -h + 270 = -444.45 + 270 = -174.45$$

$$VM_4 = 2(VM_2) = 2 \times 200.0115 = 400.0230$$

Jika nilai dari V negatif atau lebih dari 360 maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan : $360 \times 1 = 360$. Jadi nilai awal dikurangi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka :

$$VM_4 = 400.0230 - 360 = 40.0230$$

$$VMS_4 = VM_2 = 200.0115$$

- g. Nilai u diperoleh dari daftar atau berdasarkan persamaan berikut :

$$uM_2 = -2.14 \sin N = -2.14 \sin(-2012.57) = -1.1519$$

$$\begin{aligned} uK_2 &= -17.74 \sin N + 0.68 \sin N - 0.04 \sin 3N \\ &= (-17.74 \sin(-2012.57)) + (0.68 \sin(-2012.57)) - (0.04 \sin(3 \times (-2012.57))) \\ &= -9.1999 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} uK_1 &= -8.86 \sin N + 0.68 \sin 2N - 0.07 \sin 3N \\ &= -8.86 \sin(-2012.57) + 0.68 \sin(2 \times (-2012.57)) - 0.07 \sin(3 \times (-2012.57)) \\ &= -5.4533 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} uO_1 &= 10.80 \sin N - 1.34 \sin 2N + 0.19 \sin 3N \\ &= 10.80 \sin(-2012.57) - 1.34 \sin(2 \times (-2012.57)) + 0.19 \sin(3 \times (-2012.57)) \\ &= 7.2172 \end{aligned}$$

$$uS_2 = 0$$

$$uP_1 = 0$$

$$uM_4 = 2(uM_2) = 2 \times (-1.1519) = -2.3038$$

$$uMS_4 = uM_2 = -1.1519$$

$$uN_2 = uM_2 = -1.1519$$

h. w diperoleh dari skema-VIII

i. r ditentukan dari : $r = \arctan \frac{PR \sin r}{PR \cos r}$, sedangkan untuk harganya dilihat dari tanda pada masing-masing kuadran

Contoh perhitungan untuk $r(M_2)$:

$$r(M_2) = \frac{PR \sin r}{PR \cos r} = \frac{224.2024}{213.3806} = 46.41$$

j. g ditentukan dari : $g = V + u + w + p + r$ (diisi setelah skema VIII dihitung)

k. $n \times 3600$ ditentukan dari kelipatan 360, maksudnya untuk mencari harga kelipatan 360 terhadap g.

l. A ditentukan dengan rumus : $A = \frac{PR}{pf(1+w)}$

m. g° ditentukan dari $g^\circ = g - (n \times 360)$

7. Skema VIII

Langkah-langkah untuk menghitung $(1+W)$ dan w :

a. Untuk S_2 dan MS_4

$$- V(K_1) = 174.4515$$

$$- u(K_1) = -5.4553$$

$$- V + u = 174.4515 - 5.4553 = 168.99$$

- Interpolasi w/f dan W/f lampiran 8, 168.99 berada diantara sudut 160 dan 170, dimana :

$$w/f \ 160 = 11.2$$

$$W/f \ 160 = -0.25$$

$$w/f \ 170 = 6$$

$$W/f \ 170 = -0.307$$

$$\begin{aligned} w/f \ (168.99) &= 11.2 + \left(\frac{168.99 - 160}{170 - 160} \times (6 - 11.2) \right) \\ &= 6.5220 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W/f(168.99) &= -0.25 + \left(\frac{168.99 - 160}{170 - 160} \times (-0.307 + 0.25) \right) \\ &= -0.3013 \end{aligned}$$

$$- fK_2 = 0.7861$$

$$- w = w/f \times f = 6.5220 \times 0.7861 = 5.1269$$

$$\begin{aligned}
 - W &= W/f \times f = -0.3013 \times 0.7861 = -0.2368 \\
 - 1 + W &= 1 + (-0.2368) = 0.7632
 \end{aligned}$$

b. Untuk K_1

$$\begin{aligned}
 - 2V(K_1) &= 2 \times 174.4515 = 348.9030 \\
 - u(K_1) &= -5.4553 \\
 - 2V + u &= 348.9030 - 5.4553 = 343.45 \\
 - \text{Interpolasi } w/f \text{ dan } W/f \text{ lampiran 8, } 343.45 \text{ berada} \\
 &\text{diantara sudut } 340 \text{ dan } 350, \text{ dimana :} \\
 w/f \text{ } 340 &= 13.7 & W/f \text{ } 340 &= -0.133 \\
 w/f \text{ } 350 &= 8 & W/f \text{ } 350 &= -0.193 \\
 &\text{dengan cara yang sama pada poin a, diperoleh :} \\
 w/f (343.45) &= 11.7348 \\
 W/f(343.45) &= -0.1537 \\
 - fK_1 &= 0.9055 \\
 - w &= w/f \times f = 11.7348 \times 0.9055 = 10.6254 \\
 - W &= W/f \times f = -0.1537 \times 0.9055 = -0.1392 \\
 - 1 + W &= 1 + (-0.1392) = 0.8608
 \end{aligned}$$

c. Untuk N_2

$$\begin{aligned}
 - 3V (M_2) &= 3 \times 200.0115 = 600.03 \\
 - 2V (N_2) &= 2 \times 289.1850 = 578.37 \\
 - 3V - 2V &= 600.03 - 578.37 = 21.66 \\
 - \text{Interpolasi } w/f \text{ dan } W/f \text{ lampiran 8, } 21.66 \text{ berada} \\
 &\text{diantara sudut } 20 \text{ dan } 30, \text{ dimana :} \\
 w/f \text{ } 20 &= -12.3 & W/f \text{ } 20 &= -0.131 \\
 w/f \text{ } 30 &= -15.5 & W/f \text{ } 30 &= -0.046 \\
 &\text{dengan cara yang sama pada poin a, diperoleh :} \\
 w/f (21.66) &= -12.8326 \\
 W/f (21.66) &= -0.1537 \\
 - w &= w/f = -12.8326 \\
 - W &= W/f = -0.1537 \\
 - 1 + W &= 1 + (-0.1537) = 0.8831
 \end{aligned}$$

Skema VII dan VIII yang telah diselesaikan dapat dilihat pada tabel 4.26

Tabel 4.25. Faktor Analisa Untuk Pengamatan 29 hari

Skema V									
PR cos r	Nilai	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄
X00	1112.92	1112.92							
X10	-116.12					-116.12	9.2896		
X12 – Y1b	-106.78		-7.474			2.1356	-106.78		-2.1356
X13 – Y1c	-8.5								
X20	104.28		-3.128	104.28	-3.1248				
X22 – Y2b	222.72		222.72	3.340	8.4634	0.4454	-12.9178		-7.7952
X23 – Y2c	-16.76		-1.005		-16.76				
X42 – Y4b	8.6		0.258						8.6
X44 – Y4d	0.8							0.8	0.064
Jumlah		1112.92	213.380	107.620	-11.425	-113.539	-110.408	0.8	-1.2668
Skema VI									
Y10	199.48					199.48	-15.9584		
Y12 + X1b	51.62		3.6134			-1.0324	51.62		1.5486
Y13 + X1c	11.94								
Y20	43.02		-1.2906	43.02	-1.2906				
Y22 + X2b	226.28		226.28	3.394	7.241		-13.1242		-7.9198
Y23 + X2c	77.4		-4.644		77.40				
Y42 + X4b	8.12		0.2436					0.0812	8.12
Y44 + X4d	4.08							4.08	0.3264
Jumlah		0	224.2024	46.4142	83.350	198.4476	22.5374	4.1612	2.0752

(Rawi,1994)

Tabel 4.26 Tabel Skema VII dan VIII

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄
V : PR cos r	1112.92	213.38	107.62	-11.43	-113.54	-110.41	0.80	-1.27
V : PR sin r	0	224.20	46.41	83.35	198.45	22.54	4.16	2.08
PR	1112.92	309.51	117.20	84.13	228.63	112.68	4.24	2.43
P	696	559	448	566	439	565	507	535
F		1.0319	1	1.0319	0.9055	0.8452	1.0649	1.0319
1 + W		1	0.76	0.88	0.86	1	1	0.76
V		200.01	0	289.19	174.45	25.56	40.02	200.01
u		-1.15	0	-1.15	-5.46	7.22	-2.30	-1.15
w		0	5.13	-12.83	10.63	0	0	5.13
p		333	345	327	173	160	307	318
r		46.41	23.32	97.81	119.78	168.46	79.12	121.40
g		578.27	373.45	700.01	472.40	361.24	423.84	643.39
n × 360°		360	360	360	360	360	360	360
A	1.60	0.54	0.34	0.16	0.67	0.24	0.01	0.01
g°		218.27	13.45	340.01	112.40	1.24	63.84	283.39

(Rawi, 1994)

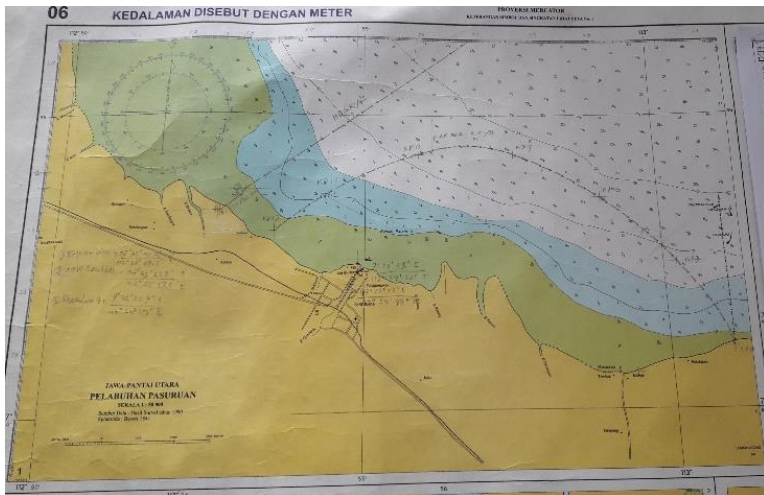
Dari tabel 4.17 diperoleh nilai Formzhal untuk mengetahui jenis pasang surut yang terjadi. Nilai Formzhal diperoleh dengan cara berikut :

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} = \frac{0.67 + 0.24}{0.54 + 0.34} = 1.0282$$

Dimana $F = 1.0282$ berada di $0.25 < F < 1.50$, sehingga jenis pasang surutnya merupakan pasang surut campuran condong ke harian ganda.

Selain nilai formzhal, nilai HHWS (Highest High Water Spring) dan LLWS (Lowest Low Water Spring) dapat dihitung. Nilai HHWS dan LLWS diperlukan untuk permodelan menggunakan program bantu HEC-RAS. Untuk menghitung nilai HHWS dan LLWS dibutuhkan Z_0 sebesar 0.60 yang diperoleh dari peta laut di Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kota Pasuruan (gambar 4.6). Nilai HHWS dan LLWS dihitung dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} \text{HHWS} &= Z_0 + (A_{M2} + A_{S2}) + (A_{K1} + A_{O1}) \\ &= 0.60 + (0.54 + 0.34) + (0.67 + 0.24) \\ &= 2.38 \text{ m} \end{aligned}$$



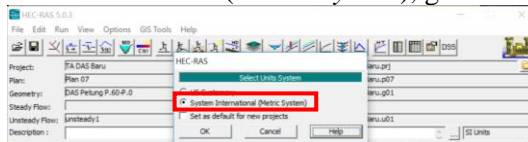
Gambar 4.6. Peta Laut (Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kota Pasuruan, 2017)

4.3 Permodelan dengan Program Bantu HEC-RAS

Permodelan dengan program bantu HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui elevasi Mukai air sungai dengan debit banjir rencana periodel ulang 25 tahunan. Langkah-langkah permodelan dengan program bantu HEC-RAS, antara lain :

1. *Setting Unit System*

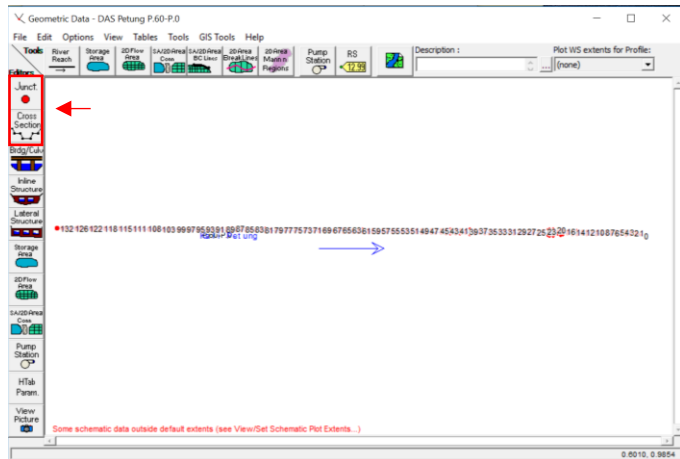
Langkah kerja pertama untuk menggunakan program bantu HEC-RAS setelah *make a new project* adalah mengatur *units system* terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk menyamakan satuan pada perhitungan dengan program bantu HEC-RAS. Caranya klik *Options* pada Menu Bar → *Units System* (US Customary/SI) → pilih *System Internasional (Metric System)*, gambar 4.7



Gambar 4.7 *Setting Unit System* pada program bantu HEC-RAS

2. Data Geometri

Setelah mengatur *unit setting*, langkah selanjutnya adalah membuat skema Sungai Petung. Skema Sungai Petung yang dibuat mulai dari *cross section* P.60 – P.0, gambar 4.9. Selain pembuatan skema juga dimasukkan jembatan yang melewati Sungai Petung, gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pilihan Menu untuk *Input Data Cross Section* dan Jembatan pada Sungai Petung

Tahapan pembuatan skema dijelaskan sebagai berikut :

a. *Edit Cross Section*

Pada tahap ini, data *cross section* Sungai Petung dimasukkan. Beberapa data yang dibutuhkan anatar lain, jarak antar *cross section*, koefisien Manning, koordinat saluran, batasan saluran yang dapat menerima debit banjir. Contoh hasil *input cross section* Sungai Petung dapat dilihat pada gambar 4.9.

Cross Section Data - DAS Petung P.60-P.0

Exit Edit Options Plot Help

River: Kali Petung Apply Data

Reach: P.60-P.0 River Sta.: 132

Description P.60

Del Row Ins Row

Cross Section Coordinates		
	Station	Elevation
1	0	7.524
2	1.5	7.524
3	3.5	3.521
4	9	2.869
5	14.5	2.644
6	17	2.969
7	18.7	7.034
8		
9		
10		
11		

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
17	17	17

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.03	0.03	0.03

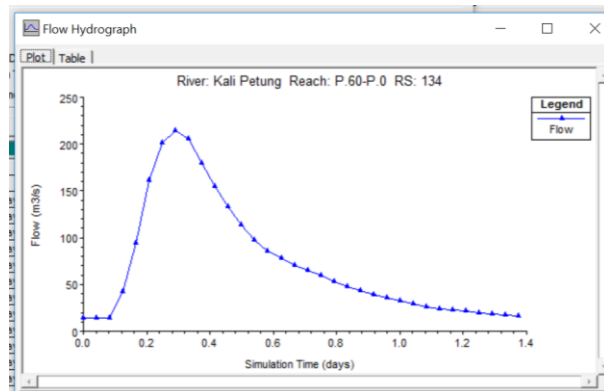
Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
0	18.7

Cont'Exp Coefficient (Steady)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

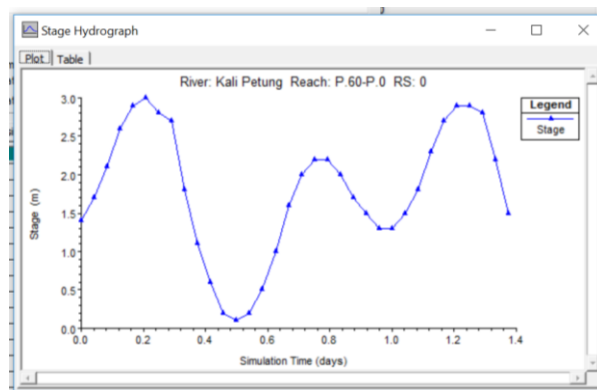
Gambar 4.9 Cross Section Sungai Petung P.60 pada Program Bantu HEC-RAS

3. *Unsteady Flow Data*

Dalam analisa ini digunakan *unsteady flow*, karena debit tidak konstan dan terdapat pengaruh pasang surut. Langkah-langkah untuk *input data unsteady flow*, antara lain pilih menu *Edit* → lalu klik *Unsteady Flow Data*. Pada bagian hulu digunakan debit bajir rencana dengan metode Nakayasu (gambar 4.10), sedangkan di bagian hilir digunakan *stage hydrograph* dengan data yang digunakan yaitu data pasang surut, untuk mengetahui keadaan maksimum sungai (gambar 4.11).



Gambar 4.10 *Input Unsteady Flow Data Bagian Hulu menggunakan Debit Banjir Rencana Nakaysu*

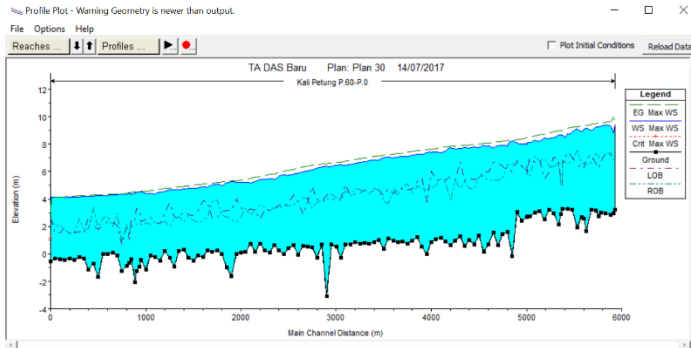


Gambar 4.11 *Input Unsteady Flow Data Bagian Hilir menggunakan Data Pasang Surut*

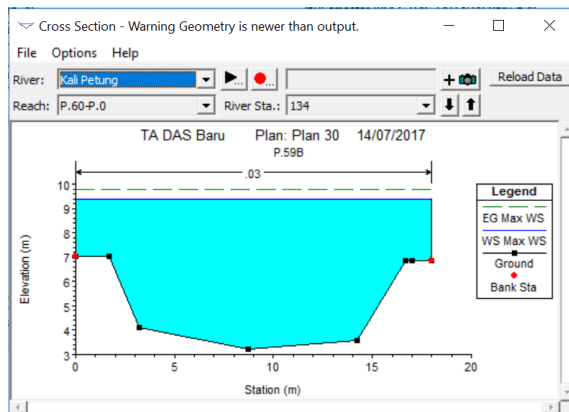
4. *Simulation Run*

Running dilakukan dengan cara klik menu *run* → pilih *unsteady flow data* → centang *geometry processor*, *unsteady flow simulation*, dan *post processor*. *Simulation time window* diisi sesuai waktu *flow hydrograph*. Tahap terakhir klik *compute*. Untuk melihat hasil *running*,

dapat dilihat di menu *view* → *water surface profiles*. Hasil *running* Sungai Petung dapat dilihat pada gambar 4.12. Contoh salah satu penampang melintang sungai yang telah di lakukan simulasi, gambar 4.13



Gambar 4.12 Hasil *Running Unsteady Flow* Sungai Petung dengan Program Bantu HEC-RAS

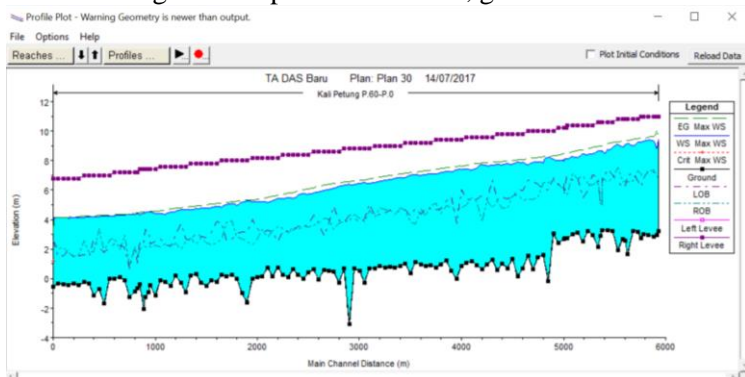


Gambar 4.13 Hasil *Running Unsteady Flow* pada Sungai Petung STA 134 dengan Program Bantu HEC-RAS

Setelah dilakukan analisa eksisting, diperlukan perencanaan penanggulangan banjir pada Kali Petung.

4.4 Rencana Penanggulangan Banjir

Sungai Petung yang tidak mampu menerima debit banjir rencana dengan periode ulang 25 tahunan dilakukan penanggulangan berupa pemasangan tanggul, dengan tinggi jagaan 0,80 m dan lebar mercu 3 m. Kemiringan lereng tanggul direncanakan 1 : 1. Hasil penampang Sungai Petung yang baru dapat dilihat pada lampiran gambar 1 sampai 132. Simulasi pemasangan tanggul digunakan program bantu HEC-RAS, Cara dengan klik pilihan *Option* pada menu *cross section* lalu pilih *Levees* dan rencanakan tinggi tanggul sesuai kebutuhan. Hasil simulasi dengan *levee* pada STA 134-0, gambar 4.15.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi dengan *Levee* pada STA 134-0

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada Tugas Akhir ini berdasarkan analisis yang telah dilakukan, antara lain :

1. Besarnya pengaruh hujan terhadap Sungai Petung dapat ditinjau dengan melihat besarnya debit banjir rencana dengan metode Nakayasu sebesar $214,454 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada 4,72 jam.
2. Kapasitas Sungai Petung tidak mampu menyalurkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahunan
3. Penanggulangan banjir pada Sungai Petung berupa pemasangan tanggul. Pelebaran Sungai tidak dapat dilakukan karena keterbatasan lahan.
4. Perencanaan penanggulangan banjir Sungai Petung dilakukan sepanjang 5,93 km dengan cara pemasangan tanggul dengan tinggi 3 – 5 meter dengan kemiringan lereng 1:1 dan lebar mercu 3 meter pada STA 134-STA 0.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang bias dijadikan bahan pertimbangan, yaitu :

1. Dalam pengembangan Kota/Kabupaten Pasuruan, tetap menjaga Daerah Aliran Sungai, terutama DAS Petung. Jika kerusakan DAS semakin parah, maka banjir juga akan semakin parah.
2. Perlu dilakukan pemasangan tanggul sepanjang 5.93 km dari muara.
3. Perlunya pemeliharaan berkala, berupa pembersihan sampah di sungai dan pengerukan sedimentasi pada Sungai Petung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- BR, Sri Harto. 1993. **Analisis Hidrologi**. Jakarta : Gramedia Pustaka Umum
- Chow, Ven Te. 1997. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Jakarta : Gramedia Pustaka Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota/Kabupaten Pasuruan.
- Ongkosongo, O., S, R. 1989. *Asean- Australia Cooperative Program on marine science Project I : tides and tidal phenomena: Pasang surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta
- Rawi, S. 1994. **Pengolahan Data Pasang Surut**. Kursus Intensif Oseanografi Bagi Perwira TNI AL. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Soewarno. 1995. **Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data**. Bandung: NOVA.
- Sosrodarsono, S dan K. Takeda. 1980. **Hidrologi untuk Pengairan**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Suripin, 2003. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Yogyakarta : ANDI.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. **Hidrologi Terapan**. Cetakan kedua. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. **Perencanaan Pelabuhan**. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta
- U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. User's Manual, HEC- RAS River Analysis System, Davis, California.2004

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

Tabel 1. Wilayah Luas Dibawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0036	0.0034	0.0033	0.0032	0.0030	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

(Soewarno, 1995)

LAMPIRAN 2

Tabel 2. Wilayah Luas Dibawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9696	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9970	0.9998

(Soewarno, 1995)

LAMPIRAN 3

Tabel 3. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (Uji Satu Sisi)

dk	Derajat Kepercayaan (α)							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	$3,93.10^{-5}$	$1,57.10^{-4}$	$9,82.10^{-4}$	$3,93.10^{-3}$	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.21	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.86
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.07	12.832	15.086	16.75
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.69	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.18	2.733	15.507	17.535	20.09	21.955
9	1.735	2.088	2.7	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.94	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.92	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.3
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.66	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.39	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.26	9.591	10.851	31.41	34.17	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.26	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.98	45.558
25	10.52	11.524	13.12	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.16	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.29
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

(Soewarno, 1995)

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 4

Tabel 4. Hasil Pengamatan Pasang-Surut di Kota Pasuruan (Skema I)

Tgl	Jam																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	2.7	2.5	2.1	1.6	1.1	0.7	0.4	0.3	0.4	0.7	1.1	1.4	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.6	1.8	2.1	2.3	2.6
2	2.5	2.6	2.3	1.9	1.4	0.9	0.6	0.4	0.4	0.6	0.9	1.3	1.6	1.9	2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.6	1.8	2.1	2.3
3	2.2	2.5	2.4	2.1	1.7	1.2	0.9	0.6	0.5	0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	1.9	2	2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.8	2
4	1.9	2.3	2.3	2.1	1.9	1.5	1.2	0.9	0.7	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2	2.1	2	1.9	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7
5	1.5	2	2.1	2.1	2	1.7	1.5	1.2	0.9	0.8	0.8	0.9	1.2	1.4	1.7	2	2.1	2.2	2.1	2	1.8	1.6	1.5	1.5
6	1.3	1.6	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	1	1.1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.2	2.3	2.2	2	1.8	1.6	1.4
7	1.2	1.3	1.3	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.4	2.5	2.3	2.1	1.8	1.5
8	1.3	1	1	1.1	1.22	1.4	1.6	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.7	2.1	2.4	2.6	2.6	2.4	2.1	1.7
9	1.6	1	0.8	0.7	0.8	1	1.3	1.6	1.8	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.8	2.2	2.5	2.7	2.7	2.5	2.1
10	2	1.1	0.7	0.5	0.4	0.6	0.9	1.3	1.7	2	2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.3	1.6	2	2.4	2.7	2.9	2.8	2.5
11	2.4	1.4	0.8	0.4	0.2	0.3	0.5	0.9	1.4	1.8	2.1	2.1	2	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.7	2.1	2.6	2.9	3	2.8
12	2.7	1.8	1.1	0.6	0.2	0.1	0.2	0.5	1	1.6	2	2.2	2.2	2	1.7	1.5	1.3	1.3	1.5	1.8	2.3	2.7	2.9	2.9
13	2.8	2.2	1.5	0.9	0.4	0.1	0	0.2	0.7	1.2	1.7	2.1	2.2	2.2	1.9	1.7	1.4	1.3	1.4	1.6	2	2.4	2.8	2.9
14	2.8	2.5	1.9	1.3	0.7	0.3	0	0.1	0.4	0.8	1.4	1.9	2.2	2.2	2.1	1.9	1.6	1.4	1.4	1.5	1.7	2.1	2.5	2.8
15	2.6	2.7	2.3	1.7	1.1	0.6	0.2	0.1	0.2	0.6	1.1	1.6	2	2.2	2.2	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.6	1.8	2.2	2.5
16	2.4	2.6	2.4	2	1.5	1	0.6	0.3	0.3	0.5	0.8	1.3	1.7	2	2.2	2.1	2	1.8	1.6	1.5	1.5	1.6	1.9	2.1
17	2	2.5	2.4	2.1	1.8	1.3	0.9	0.6	0.5	0.5	0.7	1.1	1.4	1.8	2	2.1	2.1	2	1.8	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9
18	1.7	2.2	2.2	2.1	1.9	1.6	1.3	1	0.8	0.7	0.8	1	1.3	1.6	1.8	2	2.1	2.1	2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6
19	1.5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1	0.9	1	1.2	1.4	1.7	1.9	2	2.1	2.1	2	1.8	1.7	1.6	1.5
20	1.4	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.1	2.1	2	1.8	1.7	1.5
21	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7	1.8	2	2.1	2.2	2.1	2	1.8	1.6
22	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.2	2	1.7
23	1.6	1.2	1	0.9	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.4	2.3	2.2	1.9
24	1.7	1.2	1	0.8	0.7	0.8	1	1.2	1.5	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8	2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.1
25	1.9	1.3	1	0.7	0.6	0.6	0.7	1	1.4	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	2	2.2	2.4	2.6	2.5	2.3
26	2.2	1.5	1.1	0.7	0.5	0.4	0.6	0.8	1.2	1.5	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8	2.1	2.4	2.6	2.7	2.5
27	2.4	1.7	1.2	0.8	0.5	0.4	0.4	0.7	1	1.4	1.7	1.7	2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	2	2.3	2.6	2.7	2.7
28	2.6	2	1.5	1	0.6	0.4	0.3	0.5	0.8	1.3	1.7	1.7	2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	2.8
29	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.4	0.3	0.4	0.7	1.1	1.5	1.5	2	2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7

(Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Pasuruan)

LAMPIRAN 5

Tabel 5. Rekap Hasil Perhitungan (Skema-II)

Tgl	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	14.9	-22.6	22.5	-15	23	-14.5	21.3	-14.5	12.6	-12.4	18.8	-18.7
2	15.1	-22.5	21.8	-15.8	21.9	-15.7	22.5	-13.5	12.5	-12.5	19	-18.6
3	15.5	-22.4	21.3	-16.6	20.2	-17.7	23.1	-13.3	12.4	-12.7	19.2	-18.7
4	16.1	-22.1	21	-17.2	18.6	-19.6	22.9	-14	12.5	-12.8	19.3	-18.9
5	16.7	-21.9	21.1	-17.5	17	-21.6	22	-15.4	12.6	-13	19.4	-19.2
6	17.6	-21.4	21.4	-17.6	16.4	-22.6	20.2	-17.7	12.8	-13.1	19.6	-19.4
7	18.1	-21.2	22	-17.3	16.6	-22.7	18	-20.2	12.9	-13.2	19.7	-19.6
8	18.6	-20.8	22.7	-16.7	17.7	-21.7	15.9	-22.3	13	-13.3	19.8	-19.6
9	18.5	-20.6	23.3	-15.9	19.9	-19.2	14.4	-23.3	13	-13.1	19.4	-19.7
10	18.4	-20.6	23.9	-15.1	2.4	-16.6	13.9	-23.4	13.2	-13	19.3	-19.7
11	18	-20.6	24.3	-14.3	24.5	-14.1	14.7	-21.9	13.2	-12.7	19	-19.6
12	17.5	-20.6	24.1	-14	25.8	-12.3	16.5	-19.4	13.1	-12.5	18.8	-19.3
13	16.6	-21	23.8	-13.8	25.9	-11.7	18.6	-16.8	12.8	-12.3	18.7	-18.9
14	16	-21.5	23.4	-14.1	25.2	-12.3	20.9	-14.4	12.8	-12.2	18.8	-18.7
15	15.7	-22	22.9	-14.8	23.8	-13.9	22.9	-12.8	12.6	-12.5	19	-18.7
16	15.6	-22.1	22	-15.7	21.5	-16.2	23.7	-12.3	12.5	-12.6	19.1	-18.6
17	15.7	-2.3	21.6	-16.4	19.6	-18.4	23.5	-13.1	12.4	-12.8	19.1	-18.9
18	16.5	-22	21.2	-17.3	18.1	-20.4	22.6	-14.6	12.6	-12.9	19.4	-19.1
19	17.1	-21.5	21	-17.6	17.3	-21.3	21.1	-16.3	12.6	-13	19.4	-19.2
20	18	-20.9	21.2	-17.7	17.5	-21.4	19.7	-17.9	12.9	-12.9	19.5	-19.4
21	18.8	-20.2	21.6	-17.4	18.1	-20.9	18.2	-19.4	13	-13	19.5	-19.5
22	19.1	-19.8	22.3	-16.6	19	-19.9	17.1	-20.3	13	-13	19.4	-19.5
23	19.3	-19.8	23.2	-15.9	20.1	-19	16.6	-20.9	13	-13.1	19.6	-19.5
24	19.2	-19.9	23.9	-15.2	21.3	-17.8	16.4	-20.9	13	-13.1	19.4	-19.7
25	18.4	-20.1	24.1	-14.4	22	-16.5	16.2	-20.5	12.8	-13	19.1	-19.4
26	18	-20.5	24.4	-14.1	23.1	-15.4	16.7	-19.9	12.9	-12.8	19.1	-19.4
27	17.1	-21	24.2	-13.9	23.7	-14.4	17.2	-18.9	12.8	-12.6	19	-19.1
28	16.4	-21.4	23.4	-14.4	24.4	-13.4	18.2	-17.6	12.7	-12.5	18.8	-19
29	15.9	-21.2	22.7	-14.4	24	-13.1	19.3	-15.8	12.3	-12.4	18.8	-18.3

(Hasil Perhitungan)

LAMPIRAN 6

Tabel 6. Rekap Hasil Perhitungan Skema-IV

Tgl	X0 0	X1 0 -58000	Y1 0 -58000	X1 2 -2000	Y1 2 -2000	X1 b 0	Y1 b 0	X1 3 -2000	Y1 3 -2000	X1 c 0	Y1 c 0	X2 0 -58000	Y2 0 -58000	X2 2 -2000
1	37.5	1992.3	2007.5	1992.3	2007.5	0	0	-1992.3	-2007.5	1992.3	2007.5	2008.5	2006.8	2008.5
2	37.6	1992.6	2006	1992.6	2006	-1992.6	-2006	-1992.6	-2006	1992.6	2006	2006.2	2009	2006.2
3	37.9	1993.1	2004.7	1993.1	2004.7	-1993.1	-2004.7	1993.1	2004.7	1993.1	2004.7	2002.5	2009.8	2002.5
4	38.2	1994	2003.8	1994	2003.8	-1994	-2003.8	1994	2003.8	1994	2003.8	1999	2008.9	1999
5	28.6	1994.8	2003.6	-1994.8	-2003.6	-1994.8	-2003.6	1994.8	2003.6	1994.8	2003.6	1995.4	2006.6	-1995.4
6	39	1996.2	2003.8	-1996.2	-2003.8	-1996.2	-2003.8	1996.2	2003.8	-1996.2	-2003.8	1993.8	2002.5	-1993.8
7	39.3	1996.9	2004.7	-1996.9	-2004.7	-1996.9	-2004.7	1996.9	2004.7	-1996.9	-2004.7	1993.9	1997.8	-1993.9
8	39.4	1997.8	2006	-1997.8	-2006	0	0	-1997.8	-2006	-1997.8	-2006	1995.9	1993.6	-1996
9	39.1	1997.9	2007.3	-1997.9	-2007.3	1997.9	2007.3	-1997.9	-2007.3	-1997.9	-2007.3	2000.7	1991.1	-2000.7
10	39	1997.8	2008.8	-1997.8	-2008.8	1997.8	2008.8	-1997.8	-2008.8	-1997.8	-2008.8	2005.8	1990.5	-2005.8
11	38.6	1997.4	2010	-1997.4	-2010	1997.4	2010	-1997.4	-2010	1997.4	2010	2010.4	1992.8	-2010.4
12	38.1	1996.9	2010.1	1996.9	2010.1	1996.9	2010.1	-1996.9	-2010.1	1996.9	2010.1	2013.5	1997.1	2013.5
13	37.6	1995.6	2010	1995.6	2010	1995.6	2010	1995.6	2010	1995.6	2010	2014.2	2001.8	2014.2
14	37.5	1994.5	2009.3	1994.5	2009.3	1994.5	2009.3	1994.5	2009.3	1994.5	2009.3	2012.9	2006.5	2012.9
15	37.7	1993.7	2008.1	1993.7	2008.1	0	0	1993.7	2008.1	0	0	2009.9	2010.1	2009.9
16	37.7	1993.5	2006.3	1993.5	2006.3	-1993.5	-2006.3	1993.5	2006.3	-1993.5	-2006.3	2005.3	2011.4	2005.3
7	38	1993.4	2005.2	1993.4	2005.2	-1993.4	-2005.2	1993.4	2005.2	-1993.4	-2005.2	2001.2	2010.4	2001.2
18	38.5	1994.5	2003.9	1994.5	2003.9	-1994.5	-2003.9	-1994.5	-2003.9	-1994.5	-2003.9	1997.7	2008	1997.9
19	38.6	1995.6	2003.4	-1995.6	-2003.4	-1995.6	-2003.4	-1995.6	-2003.4	-1995.6	-2003.4	1996	2004.8	-1996
20	38.9	1997.1	2003.5	-1997.1	-2003.5	-1997.1	-2003.5	-1997.1	-2003.5	1997.1	2003.5	1996.1	2001.8	-1996.1
21	39	1998.6	2004.2	-1998.6	-2004.2	-1998.6	-2004.2	-1998.6	-2004.2	1998.6	2004.2	1997.2	1998.8	-1997.2
22	38.9	1999.3	2005.7	-1999.3	-2005.7	0	0	-1999.3	-2005.7	1999.3	2005.7	1999.1	1996.8	-1999.1
23	39.1	1999.5	2007.3	-1999.5	-2007.3	1999.5	2007.3	1999.5	2007.3	1999.5	2007.3	2001.1	1995.7	-2001.1
24	39.1	1999.3	2008.7	-1999.3	-2008.7	1999.3	2008.7	1999.3	2008.7	1999.3	2008.7	2003.5	1995.5	-2003.5
25	38.5	1998.3	2009.7	-1998.3	-2009.7	1998.3	2009.7	1998.3	2009.7	-1998.3	-2009.7	2005.5	1995.7	-2005.5
26	38.5	1997.5	2010.3	1997.5	2010.3	1997.5	2010.3	1997.5	2010.3	-1997.5	-2010.3	2007.7	1996.8	2007.7
27	38.1	1996.1	2010.3	1996.1	2010.3	1996.1	2010.3	1996.1	2010.3	-1996.1	-2010.3	2009.3	1998.3	2009.3
28	37.8	1995	2009	1995	2009	1995	2009	-1995	-2009	-1995	-2009	2011	2000.6	2011
29	37.1	1994.7	2008.3	1994.7	2008.3	0	0	-1994.7	-2008.3	-1994.7	-2008.3	2010.9	2003.5	2010.9

(Hasil Perhitungan)

LAMPIRAN 7

Tabel 7. (Lanjutan) Rekap Hasil Perhitungan Skema-IV

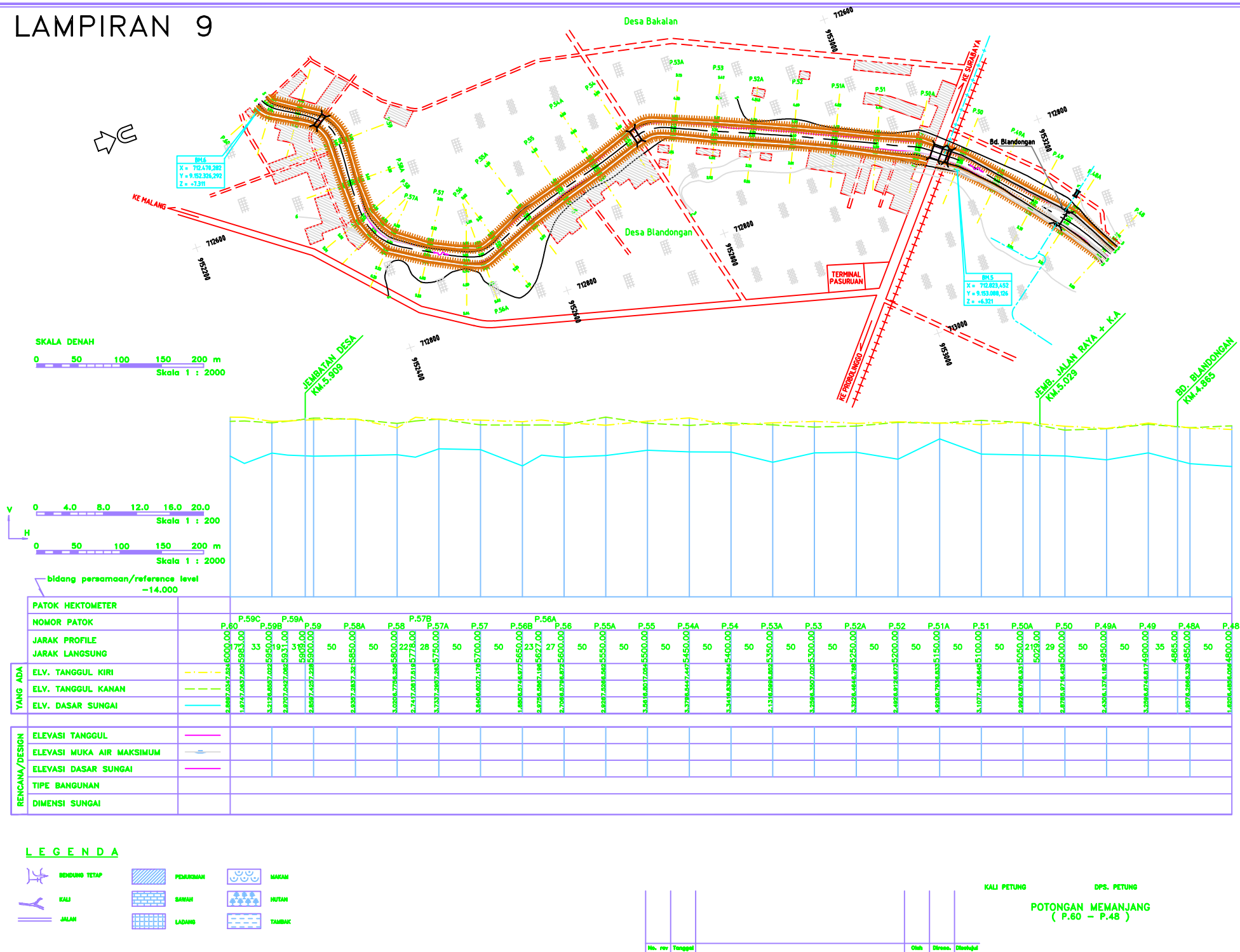
Tgl	Y2 2 -2000	X2 b 0	Y2 b 0	X2 3 -2000	Y2 3 -2000	X2 c 0	Y2 c 0	X4 2 -2000	Y4 2 -2000	X4 b 0	Y4 b 0	X4 4 -2000	Y4 4 -2000	X4 d 0	Y4 d 0
1	2006.8	0	0	-2008.5	-2006.8	2008.5	2006.8	2000.2	2000.1	0	0	2000.2	2000.1	0	0
2	2009	-2006.2	-2009	-2006.2	-2009	2006.2	2009	2000	2000.4	-2000	-2000.4	2000	2000.4	-2000	-2000.4
3	2009.8	-2002.5	-2009.8	2002.5	2009.8	2002.5	2009.8	1999.7	2000.5	-1999.7	-2000.5	-1999.7	-2000.5	-1999.7	-2000.5
4	2008.9	-1999	-2008.9	1999	2008.9	999	2008.9	1999.7	2000.4	-1999.7	-2000.4	-1999.7	-2000.4	-1999.7	-2000.4
5	-2006.6	-1995.4	-2006.6	1995.4	2006.6	1995.4	2006.6	-1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2	1999.6	2000.3
6	-2002.5	-1993.8	-2002.5	1993.8	2002.5	-1993.8	-2002.5	-1999.7	-2000.2	-1999.7	-2000.2	1999.7	2000.2	1999.7	2000.3
7	-1997.8	-1993.9	-1997.8	1993.9	1997.8	-1993.9	-1997.8	-1999.7	-2000.1	-1999.7	-2000.1	1999.7	2000.1	1999.7	2000.1
8	-1993.6	0	0	-1996	-1993.6	-1996	-1993.6	-1999.7	-2000.2	0	0	1999.7	2000.2	0	0
9	-1991.1	2000.7	1991.1	-2000.7	-1991.1	-2000.7	-1991.1	-1999.9	-1999.7	1999.9	1999.7	1999.9	1999.7	-1999.9	-1999.7
10	-1990.5	2005.8	1990.5	-2005.8	-1990.5	-2005.8	-1990.5	-2000.2	-1999.6	2000.2	1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2	-1999.6
11	-1992.8	2010.4	1992.8	-2010.4	-1992.8	2010.4	1992.8	-2000.5	-1999.4	2000.5	1999.4	-2000.5	-1999.4	-2000.5	-1999.4
12	1997.1	2013.5	1997.1	-2013.5	-1997.1	2013.5	1997.1	2000.6	1999.5	2000.6	1999.5	-2000.6	-1999.5	2000.6	1999.5
13	2001.8	2014.2	2001.8	2014.2	2001.8	2014.2	2001.8	2000.5	1999.8	2000.5	1999.8	-2000.5	-1999.8	2000.5	1999.8
14	2006.5	2012.9	2006.5	2012.9	2006.5	2012.9	2006.5	2000.6	2000.1	2000.6	2000.1	2000.6	2000.1	2000.6	2000.1
15	2010.1	0	0	2009.9	2010.1	0	0	2000.1	2000.3	0	0	2000.1	2000.3	0	0
16	2011.4	-2005.3	-2011.4	2005.3	2011.4	-2005.3	-2011.4	1999.9	2000.5	-1999.9	-2000.5	1999.9	2000.5	-1999.9	-2000.5
7	2010.4	-2001.2	-2010.4	2001.2	2010.4	-2001.2	-2010.4	1999.6	2000.2	-1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2
18	2008	-1997.7	-2008	-1997.7	-2008	-1997.7	-2008	1999.7	2000.3	-1999.7	-2000.3	-1999.7	-2000.3	-1999.7	-2000.3
19	-2004.8	-1996	-2004.8	-1996	-2004.8	-1996	-2004.8	-1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2	-1999.6	-2000.2	1999.6	2000.2
20	-2001.8	-1996.1	-2001.8	-1996.1	-2001.8	1996.1	2001.8	-2000	-2000.1	-2000	-2000.1	-2000	-2000.1	2000	2000.1
21	-1998.8	-1997.2	-1998.8	-1997.2	-1998.8	1997.2	1998.8	-2000	-2000	-2000	-2000	2000	2000	2000	2000
22	-1996.8	0	0	-1999.1	-1996.8	1999.1	1996.8	-2000	-1999.9	0	0	2000	1999.9	0	0
23	-1995.7	2001.1	1995.7	2001.1	1995.7	2001.1	1995.7	-1999.9	-2000.1	1999.9	2000.1	1999.9	2000.1	-1999.9	-2000.1
24	-1995.5	2003.5	1995.5	2003.5	1995.5	2003.5	1995.5	-1999.9	-1999.7	1999.9	1999.7	1999.9	1999.7	-1999.9	-1999.7
25	-1995.7	2005.5	1995.7	2005.5	1995.7	-2005.5	-1995.7	-1999.8	-1999.7	1999.8	1999.7	-1999.8	-1999.7	-1999.8	-1999.7
26	1996.8	2007.7	1996.8	2007.7	1996.8	-2007.7	-1996.8	2000.1	1999.7	2000.1	1999.7	-2000.1	-1999.7	2000.1	1999.7
27	1998.3	2009.3	1998.3	2009.3	1998.3	-2009.3	-1998.3	2000.2	1999.9	2000.2	1999.9	-2000.2	-1999.9	2000.2	1999.9
28	2000.6	2011	2000.6	-2011	-2000.6	-2011	-2000.6	2000.2	1999.8	2000.2	1999.8	2000.2	1999.8	2000.2	1999.8
29	2003.5	0	0	-2010.9	-2003.5	-2010.9	-2003.5	1999.9	2000.5	0	0	1999.9	2000.5	0	0

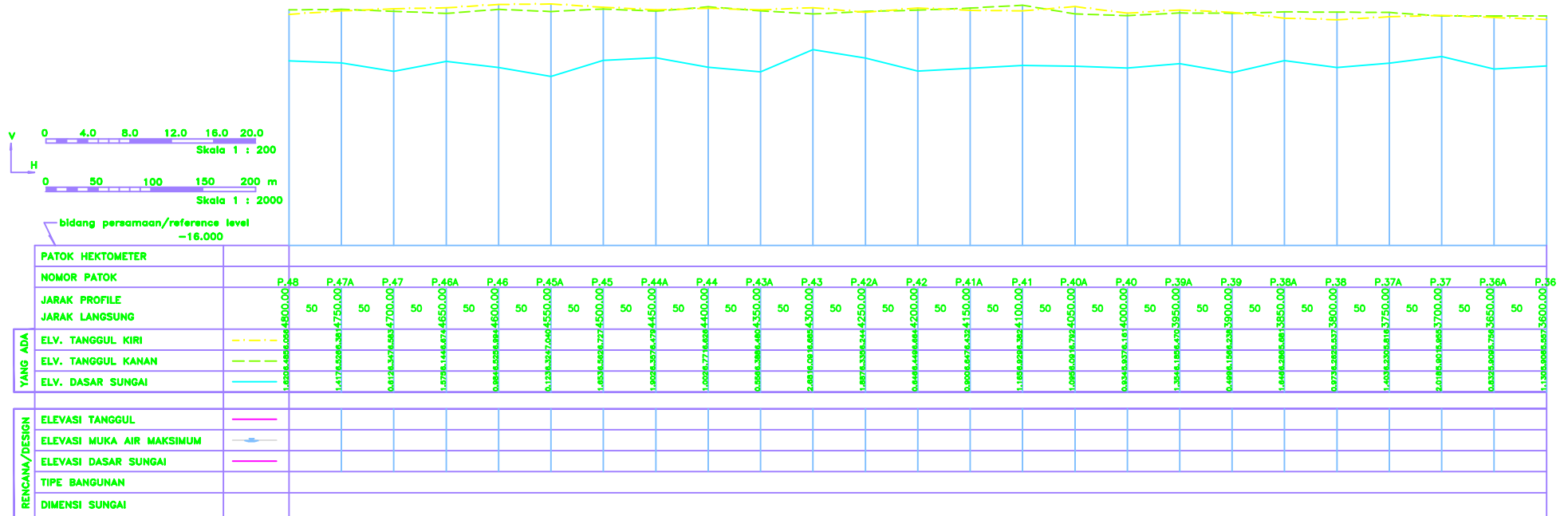
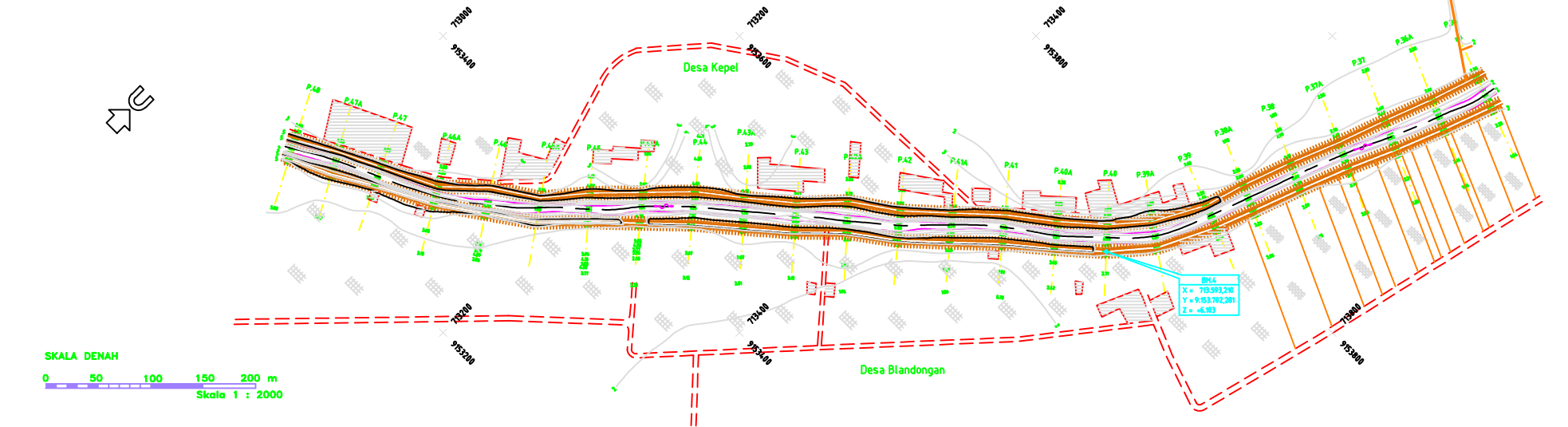
(Hasil Perhitungan)

LAMPIRAN 8

Tabel 8. Acuan untuk Menghitung Nilai w dan $(1 + W)$

$S_2, MS_4, 2MS_6$			K_1, MK_2			$N_2, MN_4, 2MN_6$			$S_2, MS_4, 2MS_6$			$S_2, MS_4, 2MS_6$			$S_2, MS_4, 2MS_6$		
Sudut (°)	w/fK2 (°)	W/fK2 (°)	Sudut (°)	w/fK2 (°)	W/fK2 (°)	Sudut (°)	w/fK2 (°)	W/fK2 (°)	Sudut (°)	w/fK2 (°)	W/fK2 (°)	Sudut (°)	w/fK2 (°)	W/fK2 (°)	Sudut (°)	w/fK2 (°)	W/fK2 (°)
0	0.7	-0.214	0	0	0.3331	0	0	1.184	190	-7.8	-0.308	190	4.9	-0.323	190	-2.2	0.819
10	-6.6	-0.192	10	-2.5	0.316	10	1.6	1.182	200	-12.6	-0.247	200	9.3	-0.302	200	-4.3	0.830
20	-12.3	-0.131	20	-4.9	0.297	20	3.1	1.174	210	-14.8	-0.163	210	13.1	-0.268	210	-6.2	0.846
30	-15.5	-0.046	30	-7.3	0.271	30	4.6	1.163	220	-14.8	-0.067	220	15.9	-0.224	220	-7.8	0.867
40	-16.5	0.047	40	-9.6	0.239	40	5.9	1.147	230	-13	0.029	230	17.8	-0.173	230	-9.1	0.893
50	-15.6	0.134	50	-11.8	0.201	50	7.2	1.127	240	-9.8	0.115	240	19	-0.118	240	-10	0.922
60	-13.4	0.207	60	-13.8	0.157	60	8.3	1.104	250	-6	0.186	250	19.3	-0.060	250	-10.4	0.953
70	-10.3	0.258	70	-15.6	0.107	70	9.2	1.077	260	-1.8	0.236	260	19.1	-0.003	260	-10.6	0.984
80	-6.6	0.284	80	-17.1	0.053	80	9.9	1.048	270	2.6	0.263	270	18.3	0.053	270	-10.4	1.017
90	-2.6	0.284	90	-18.3	-0.003	90	10.4	1.017	280	6.9	0.265	280	17.1	0.107	280	-9.9	1.048
100	1.6	0.256	100	-19.1	-0.060	100	10.6	0.984	290	10.8	0.241	290	15.6	0.157	290	-9.2	1.077
110	5.6	0.204	110	-19.3	-0.118	110	10.4	0.953	300	14.1	0.192	300	13.8	0.201	300	-8.3	1.104
120	9.2	0.131	120	-19	-0.173	120	10	0.922	310	16.5	0.124	310	11.8	0.239	310	-7.2	1.127
130	12	0.041	130	-17.8	-0.224	130	9.1	0.893	320	17.5	0.039	320	9.6	0.271	320	-5.9	1.147
140	13.7	-0.058	140	-15.9	-0.268	140	7.8	0.867	330	16.8	0.051	330	7.3	0.297	330	-4.6	1.163
150	13.6	-0.157	150	-13.1	-0.302	150	6.2	0.846	340	14.7	-0.133	340	4.9	0.316	340	-3.1	1.174
160	11.2	-0.25	160	-9.3	-0.323	160	4.3	0.830	350	8	-0.193	350	2.5	0.327	350	-1.6	1.182
170	6	-0.307	170	-4.9	-0.331	170	2.2	0.819	360	0.7	-0.214	360	0	0.331	360	0	1.184
180	-0.9	-0.330	180	0	-0.302	180	0	0.816	190	-7.8	-0.308	190	4.9	-0.323	190	-2.2	0.819
Sudut = $V + u$			Sudut = $2V + u$			Sudut = $3V$			Sudut = $V + u$			Sudut = $2V + u$			Sudut = $3V$		
Sudut K_1			Untuk K_1			Untuk M minus			Sudut K_1			Untuk K_1			Untuk M minus		
$F = fK_1$			$F = fK_1$			2V untuk N			$F = fK_1$			$F = fK_1$			2V untuk N		





LEGENDA



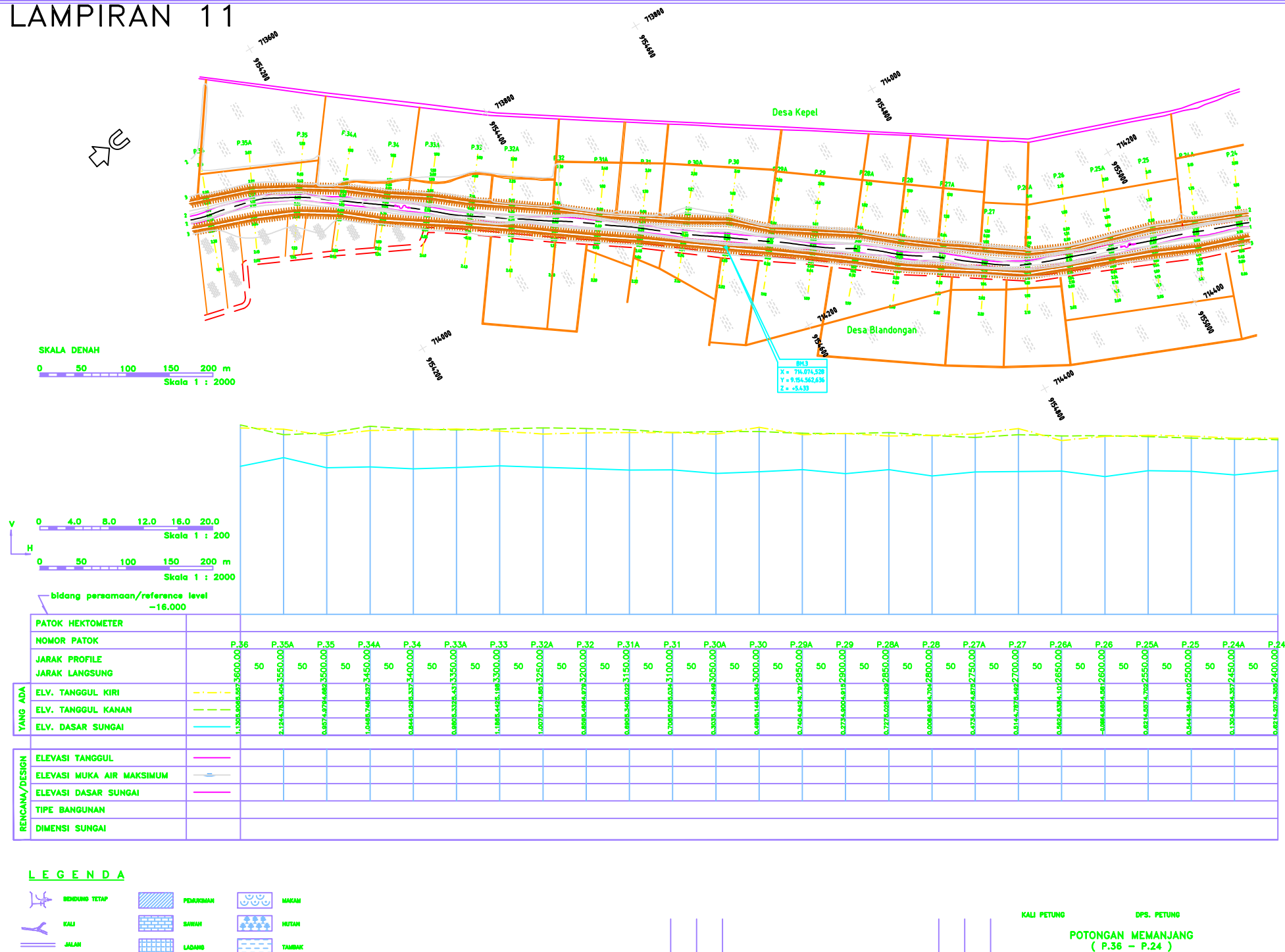
KALI PETUNG

DPS. PETUNG

POTONGAN MEMANJANG
(P.48 - P.36)

No. rev Tanggal

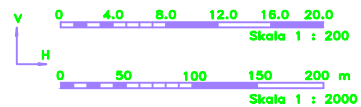
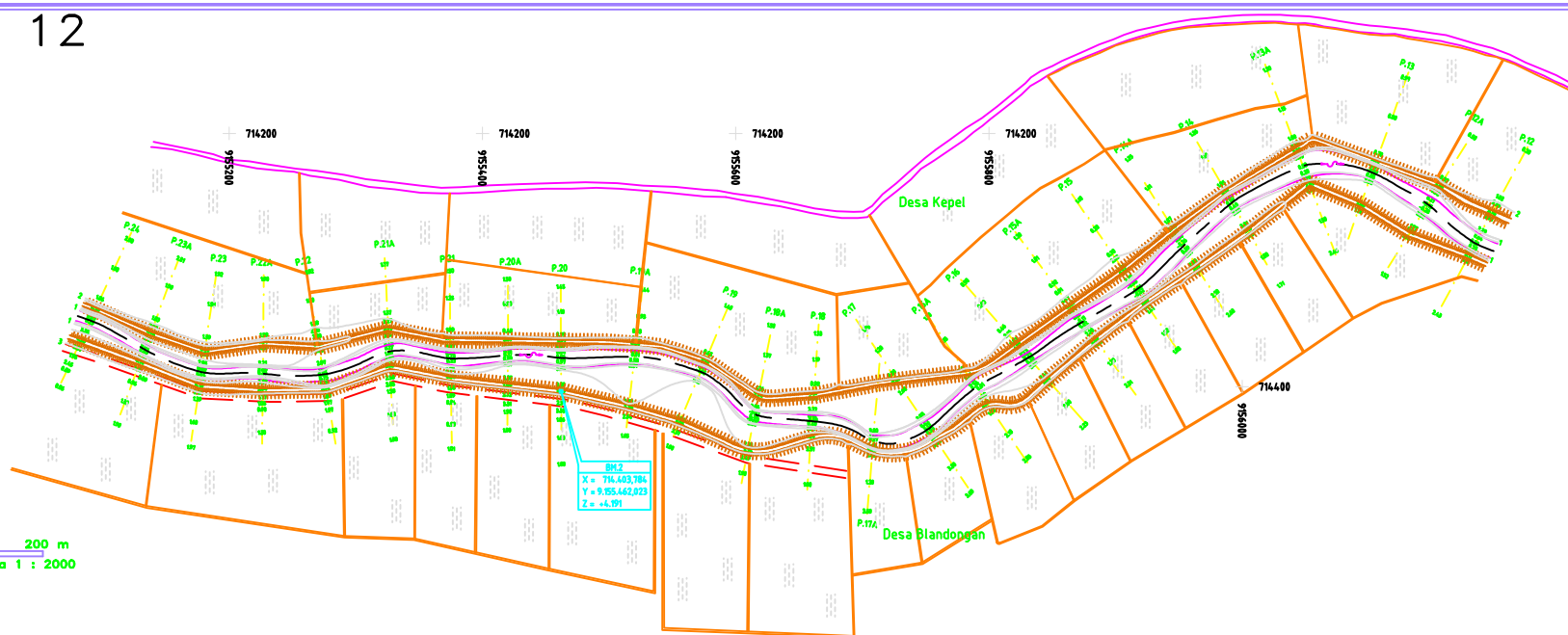
Dib. Disen. Disetujui





SKALA DENAH

0 50 100 150 200 m
Skala 1 : 2000



bidang persamaan/reference level
-16.000

YANG ADA	PATOK HEKTOMETER																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</
----------	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

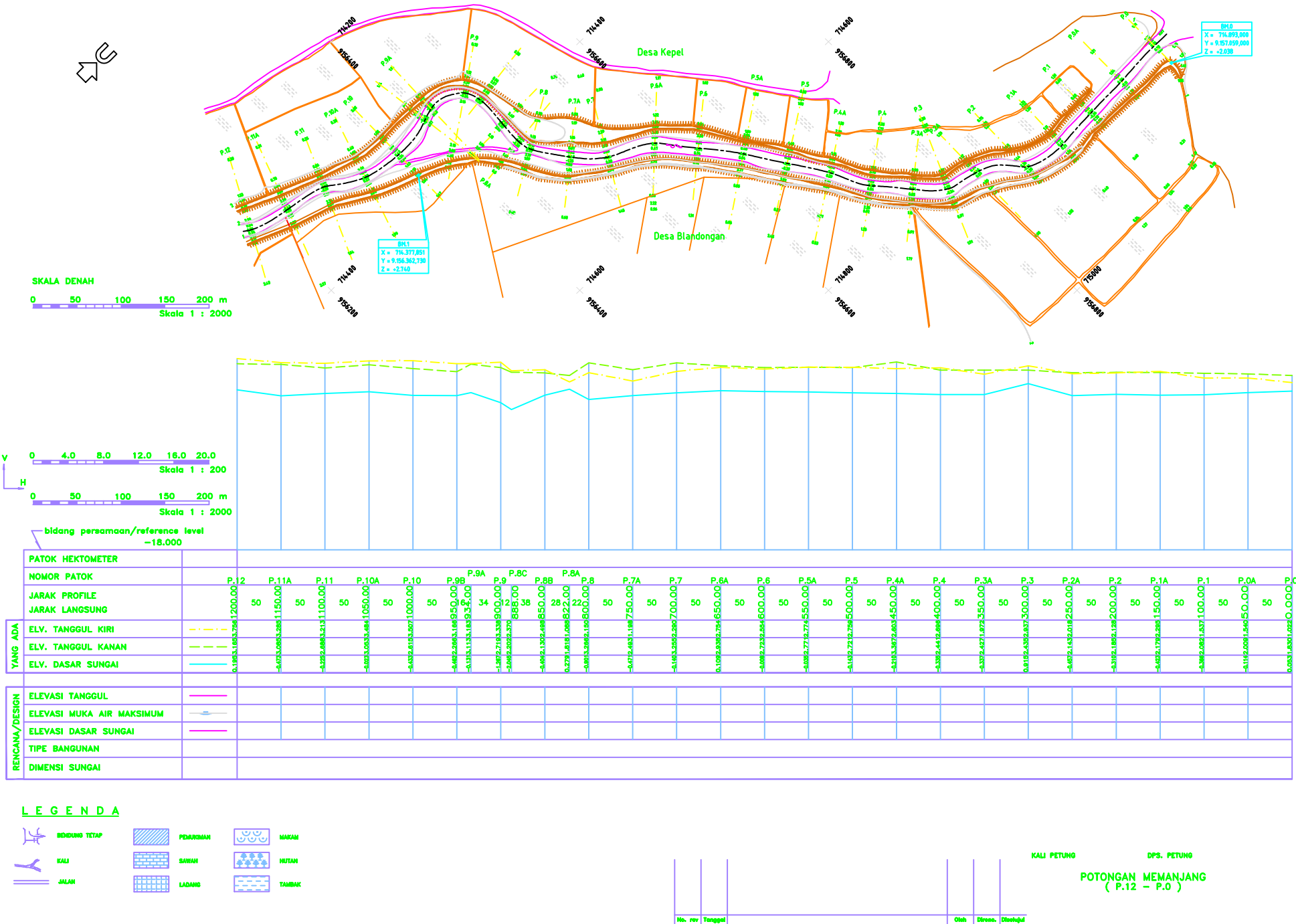
LEGENDA

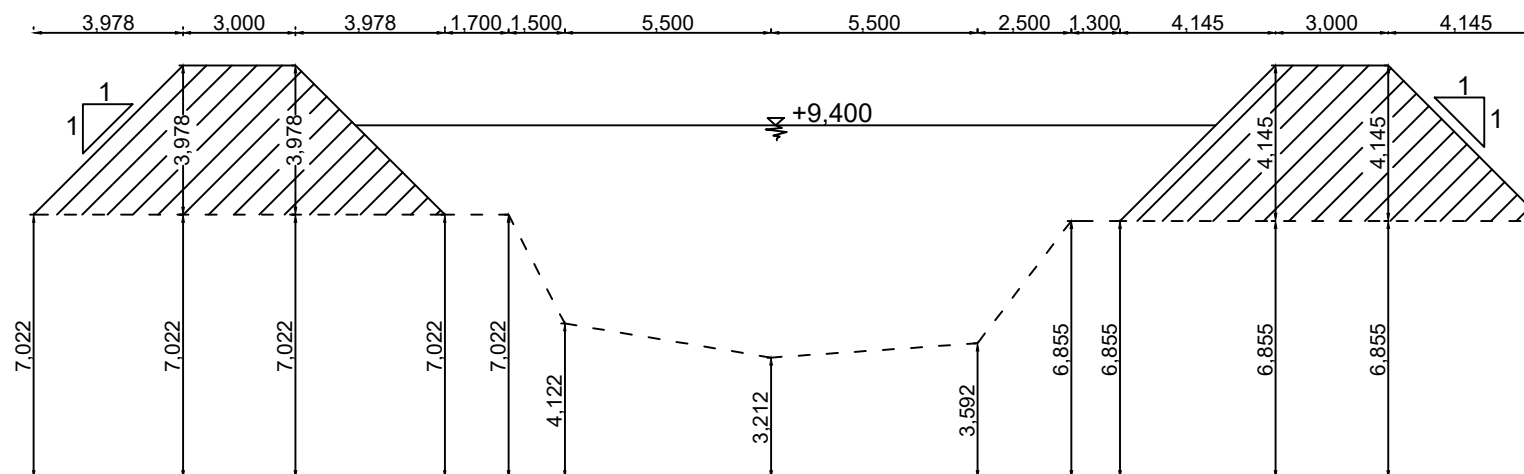


KALI PETUNG
DPS. PETUNG
POTONGAN MEMANJANG
(P.24 - P.12)

No. rev Tanggal

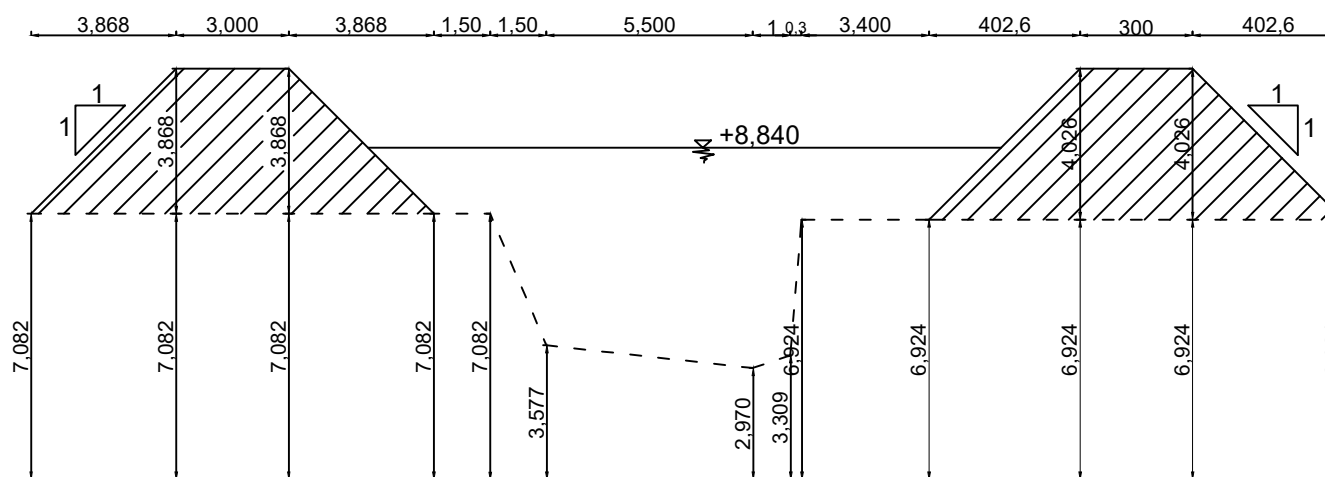
Dib. Disen. Disetujui





Cross Section STA 134 (P.59B)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 133 (P.59A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

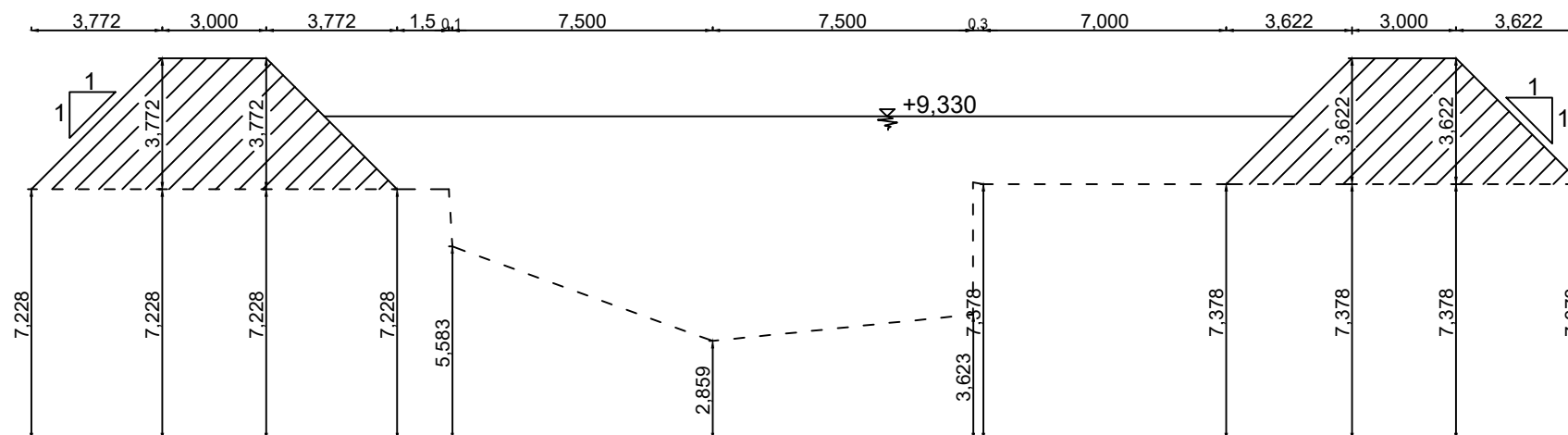
CROSS SECTION STA 134 (P.59B)
dan 133 (P.59A)

NO. LEMBAR

1

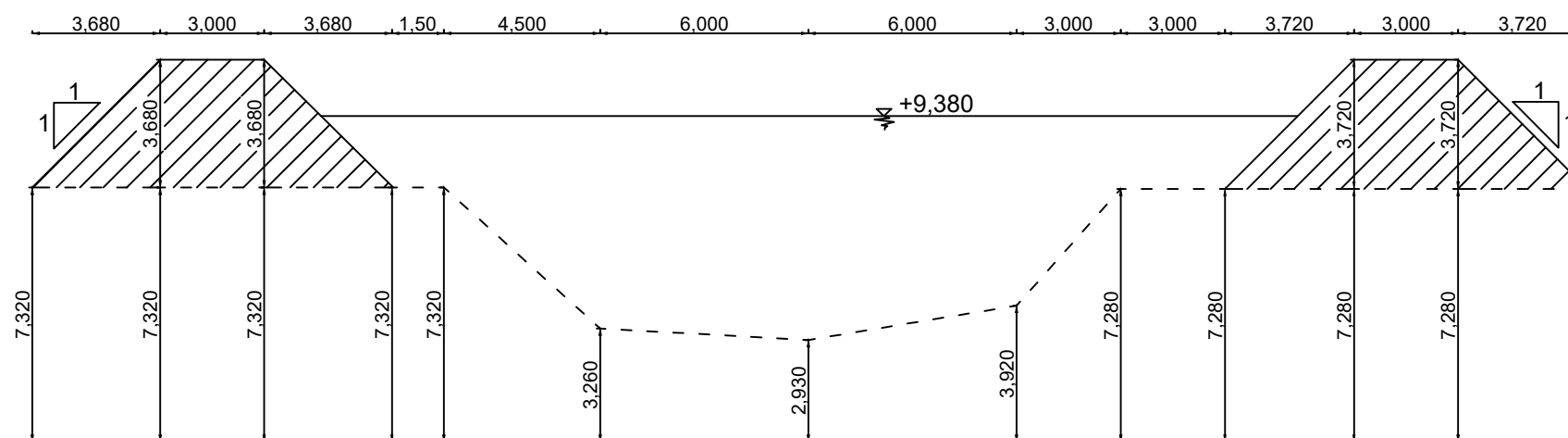
JML LEMBAR

66



Cross Section STA 132 (P.59)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 131 (P.58A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

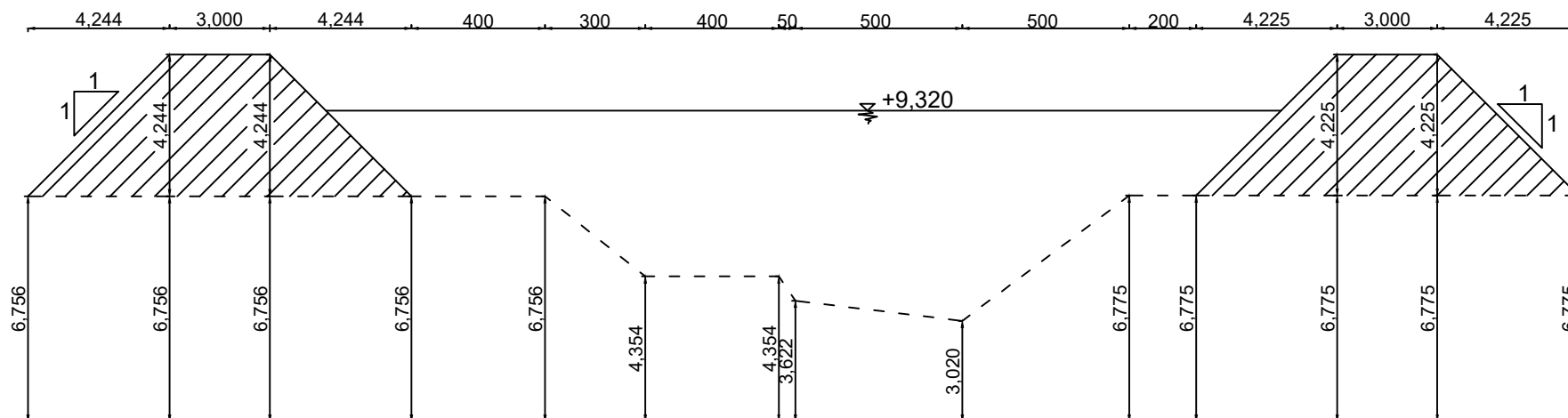
CROSS SECTION STA 133 (P.59) dan
132 (P.58A)

NO. LEMBAR

2

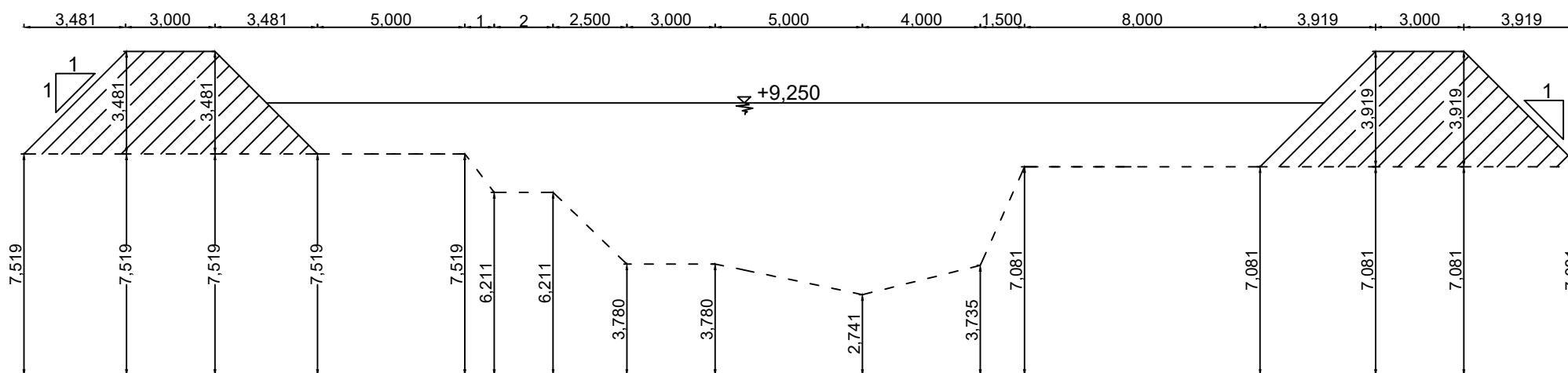
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 130 (P.58)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 129 (P.57B)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

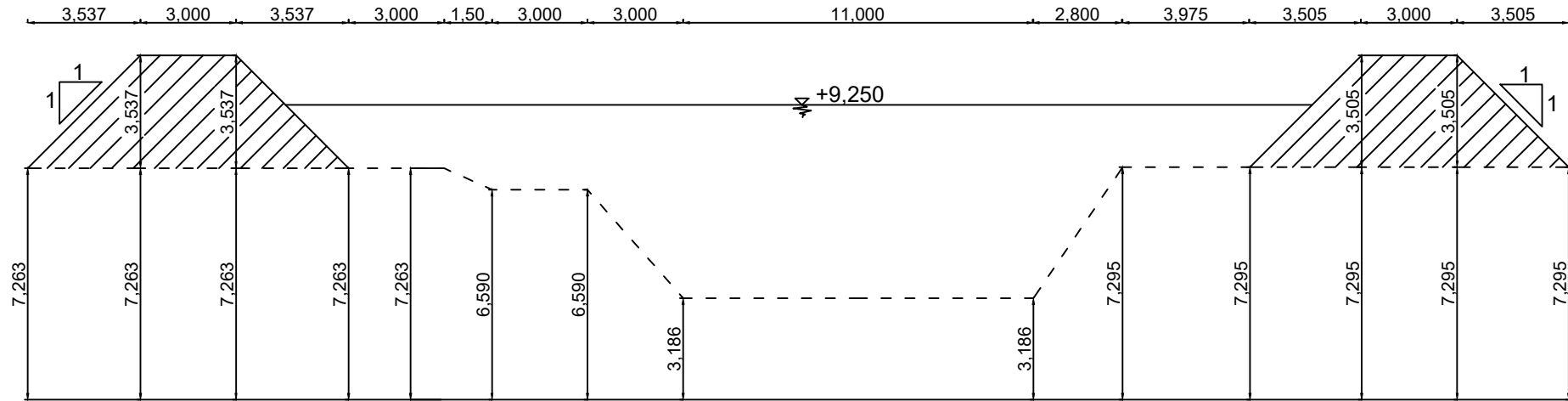
CROSS SECTION STA 130 (P.58) dan
129 (P.57B)

NO. LEMBAR

3

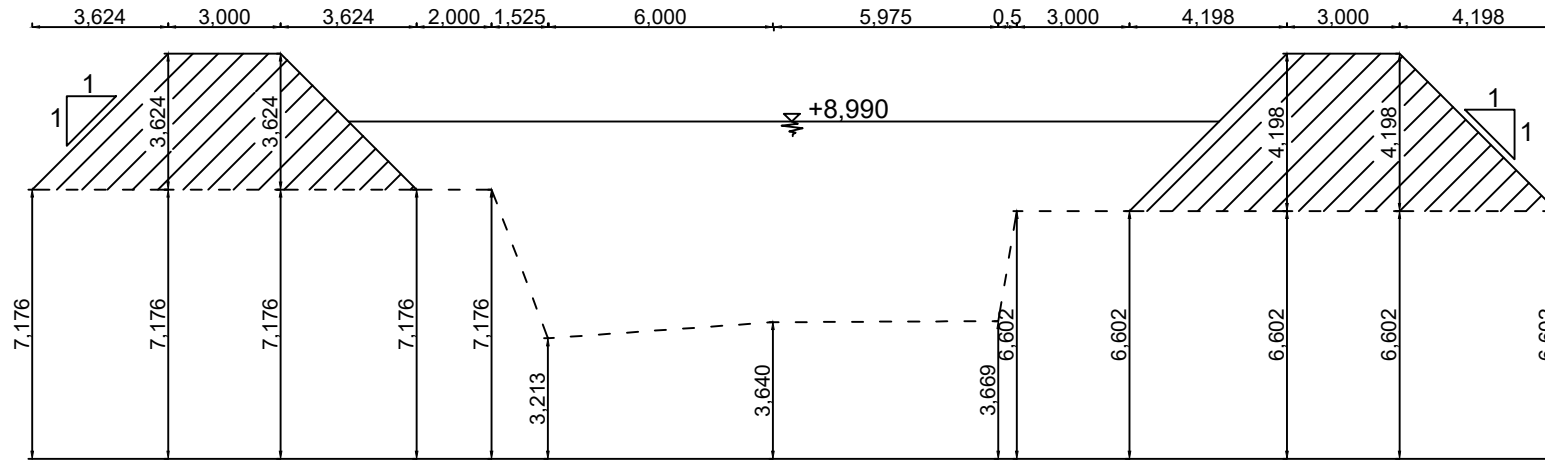
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 128 (P.57A)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 127 (P.57)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

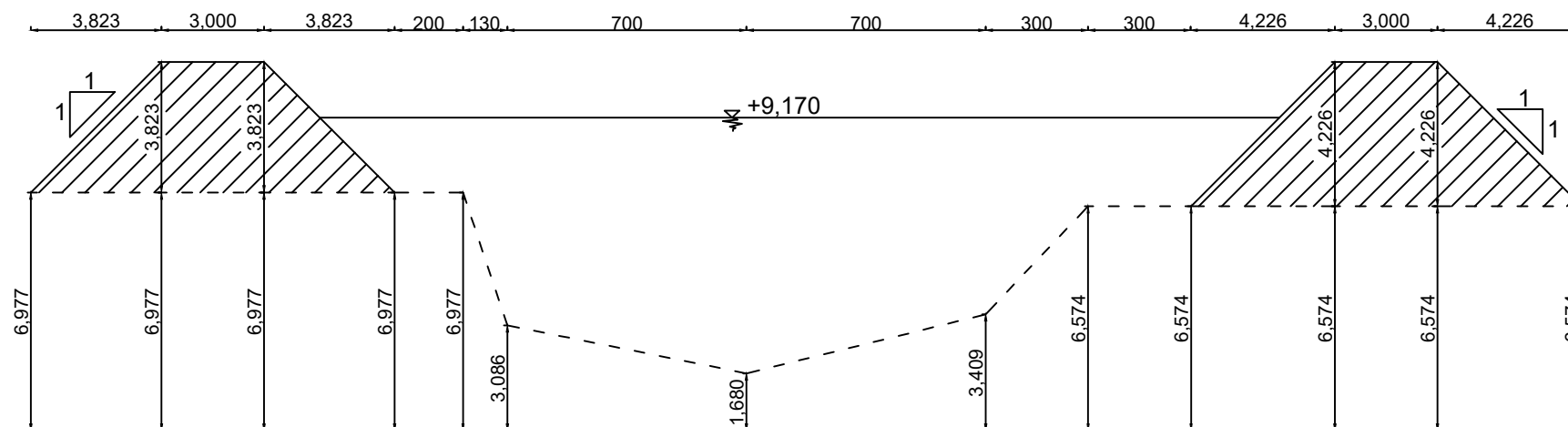
CROSS SECTION STA 128 (P.57A)
dan 127 (P.57)

NO. LEMBAR

4

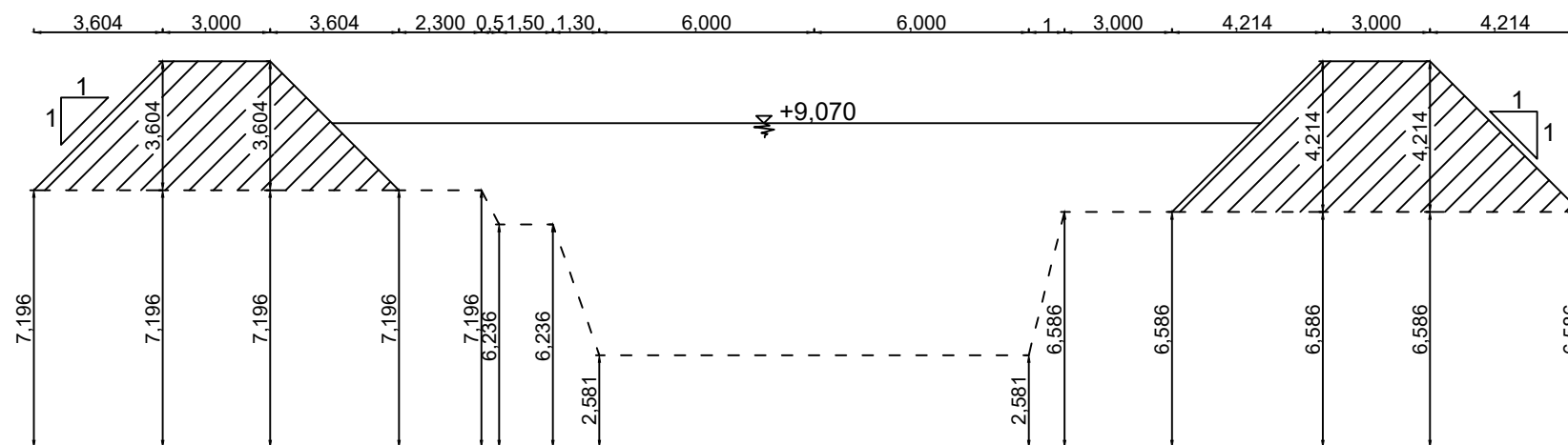
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 126 (P.56B)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 125 (P.56A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

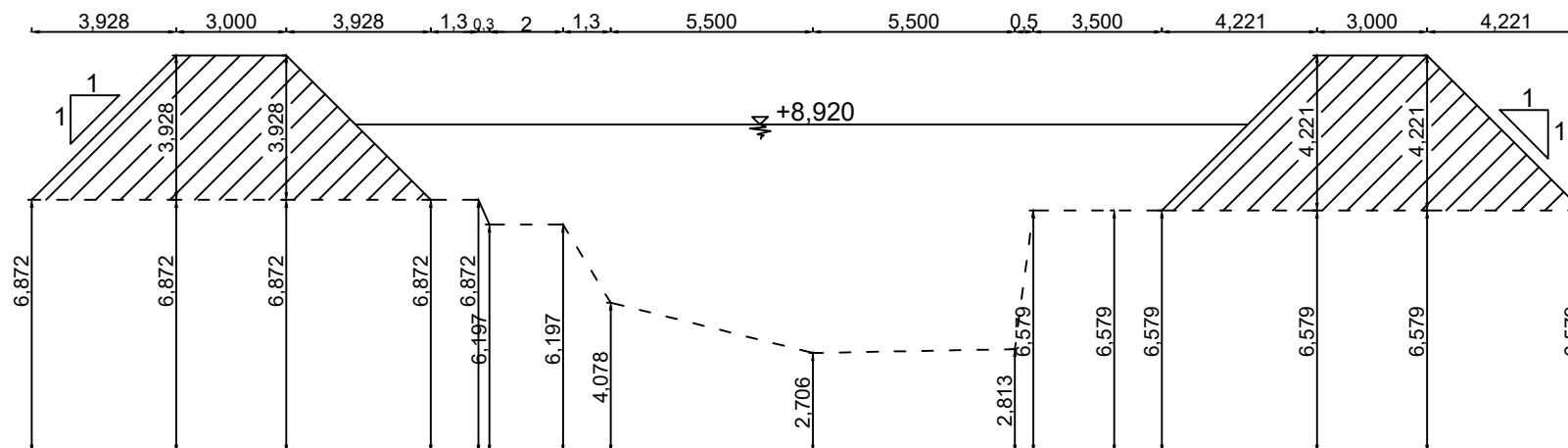
CROSS SECTION STA 126 (P.56B)
dan 125 (P.56A)

NO. LEMBAR

5

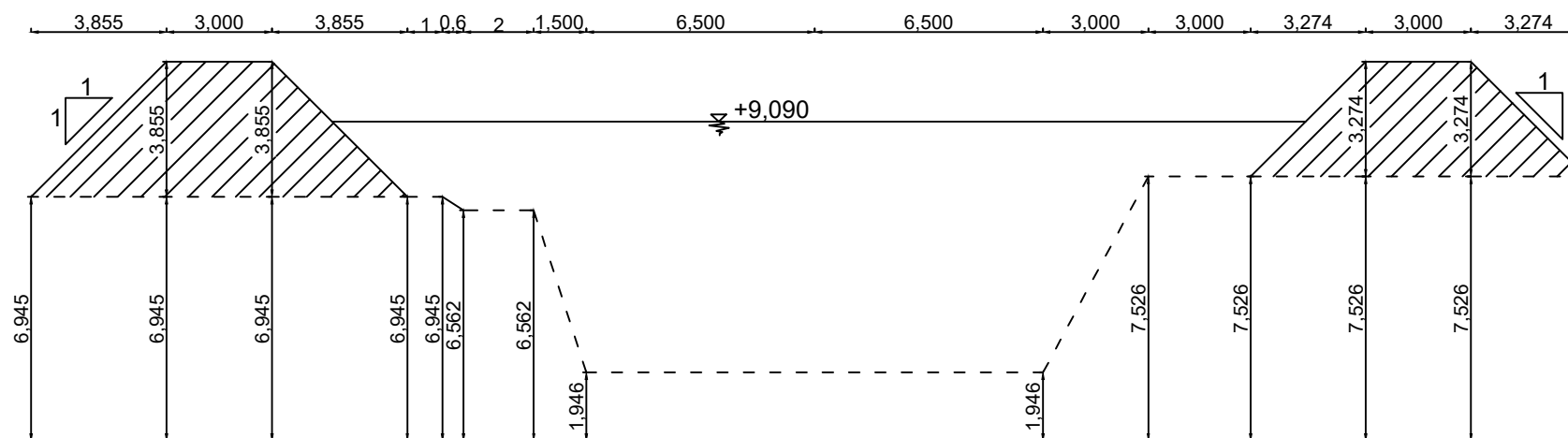
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 124 (P.56)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 123 (P.55A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 124 (P.56) dan
123 (P.55A)

NO. LEMBAR

6

JML. LEMBAR

66



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR**

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 122 (P.54) dan
121 (P.54A)

NO. LEMBAR

7

R	JML. LEMBAR
---	-------------


66

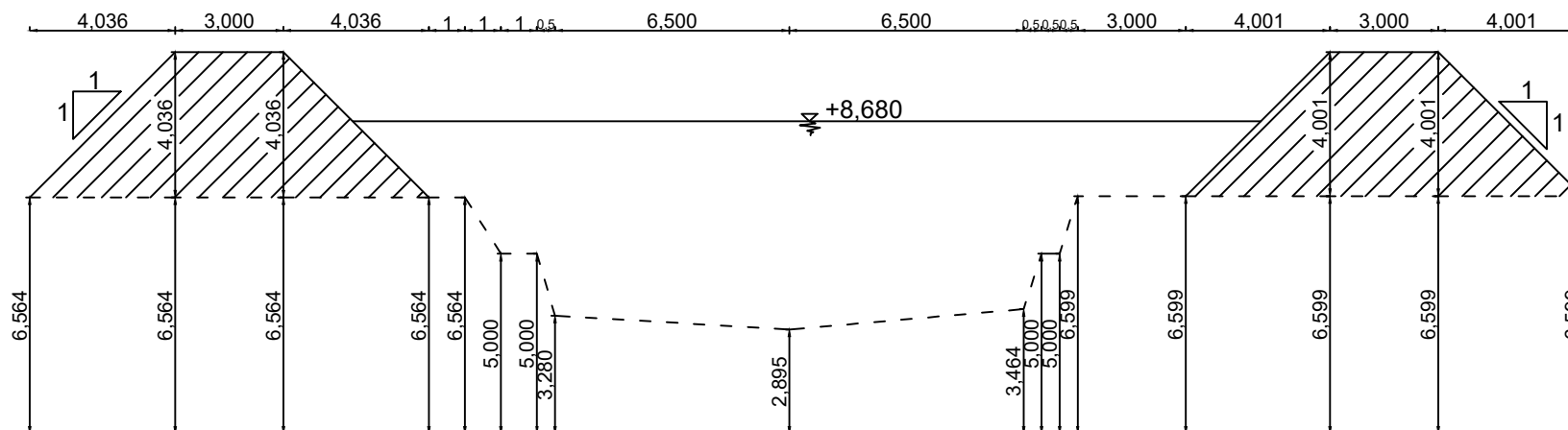


Skala 1:200 (satuan: m)



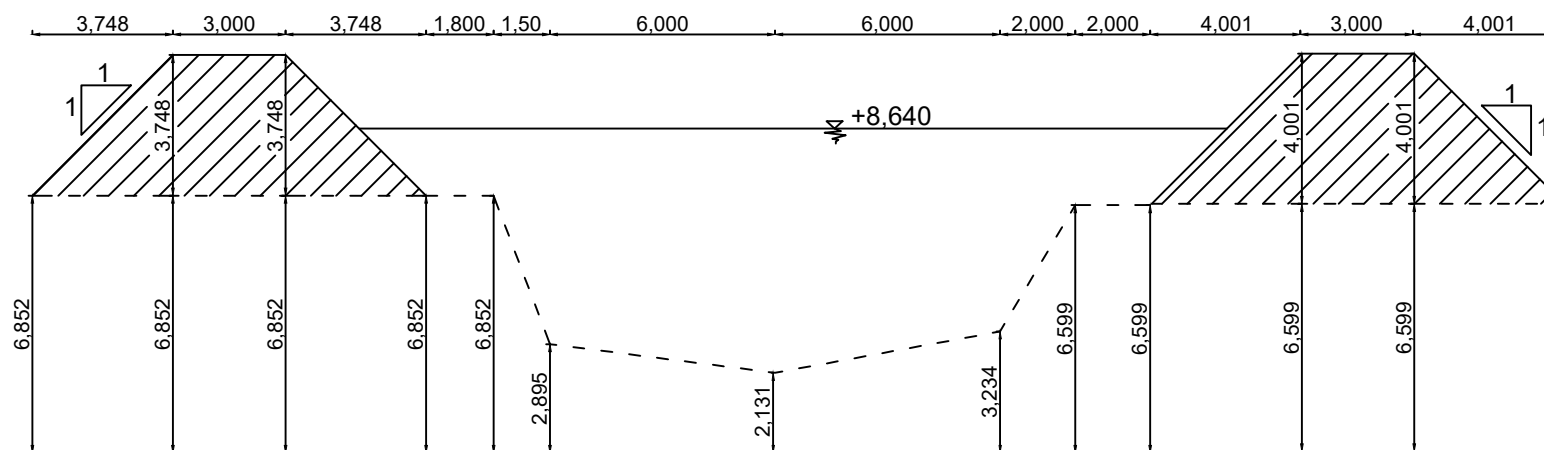
Skala 1:200 (satuan: m)

	<p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		<p>PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR</p>	<p>Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.</p>	<p><i>CROSS SECTION STA 120 (P.54) dan 119 (Upstream Jembatan)</i></p>	<p>8</p>	<p>66</p>



Cross Section STA 117(Downstream Jembatan)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 116 (P.53A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

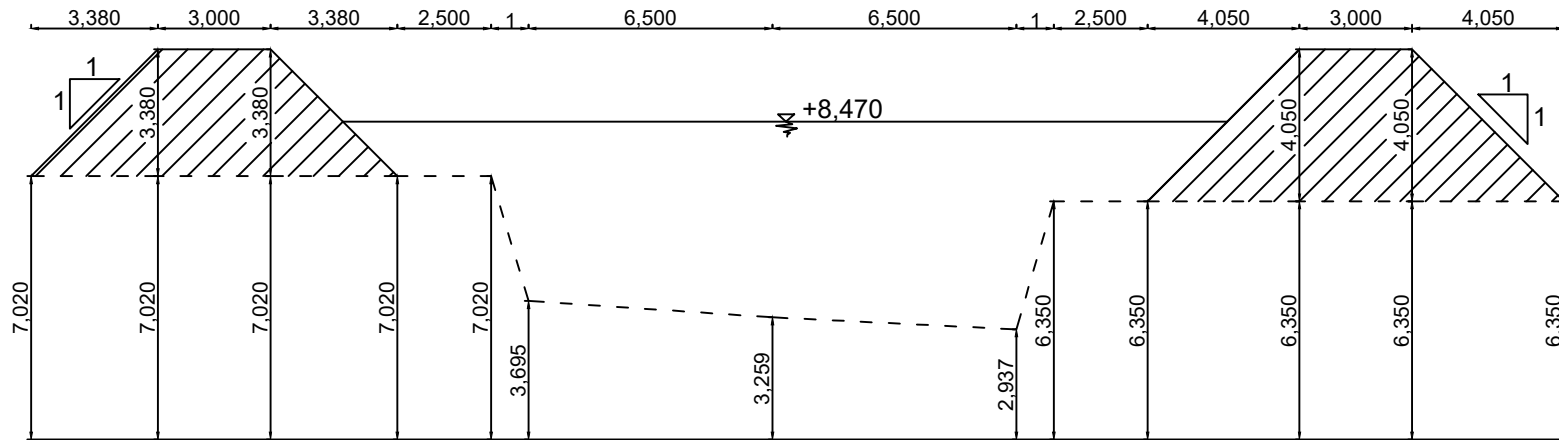
CROSS SECTION STA 117
(Downstream Jembatan) dan 116 (P.53A)

NO. LEMBAR

9

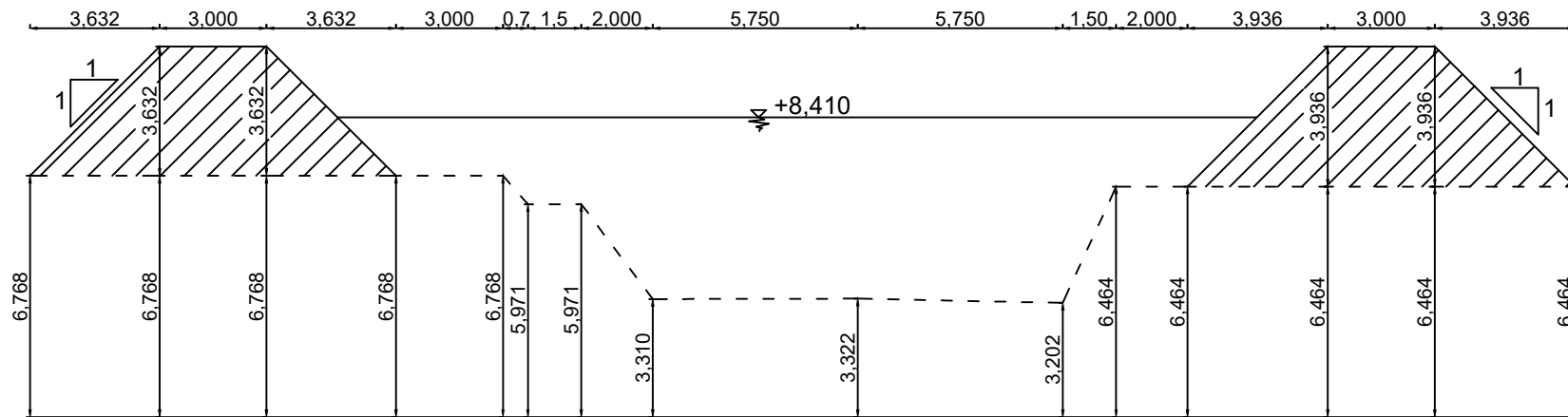
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 115 (P.53)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 114 (P.52A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

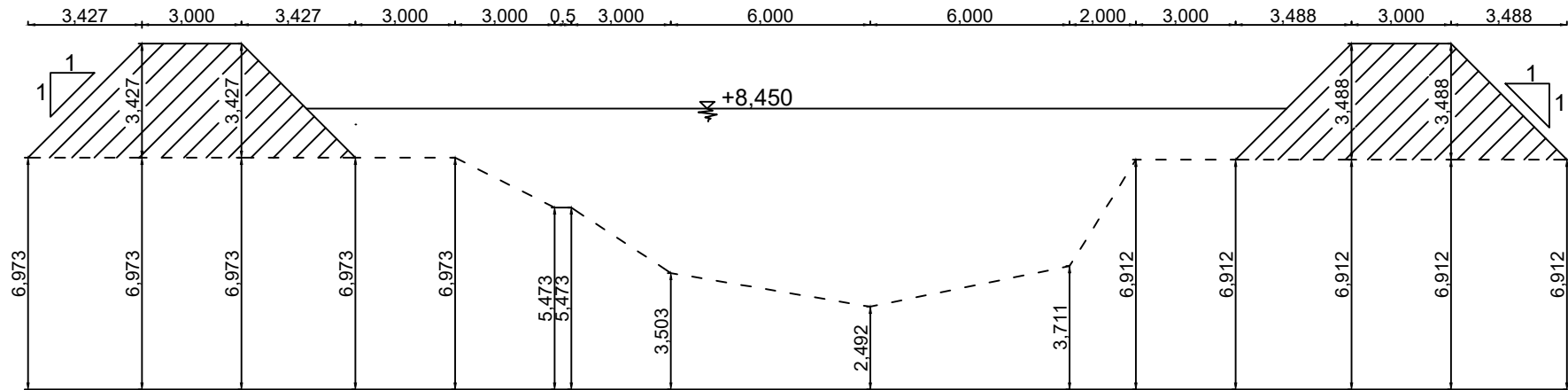
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 115 (P.53) dan
114 (P.52A)

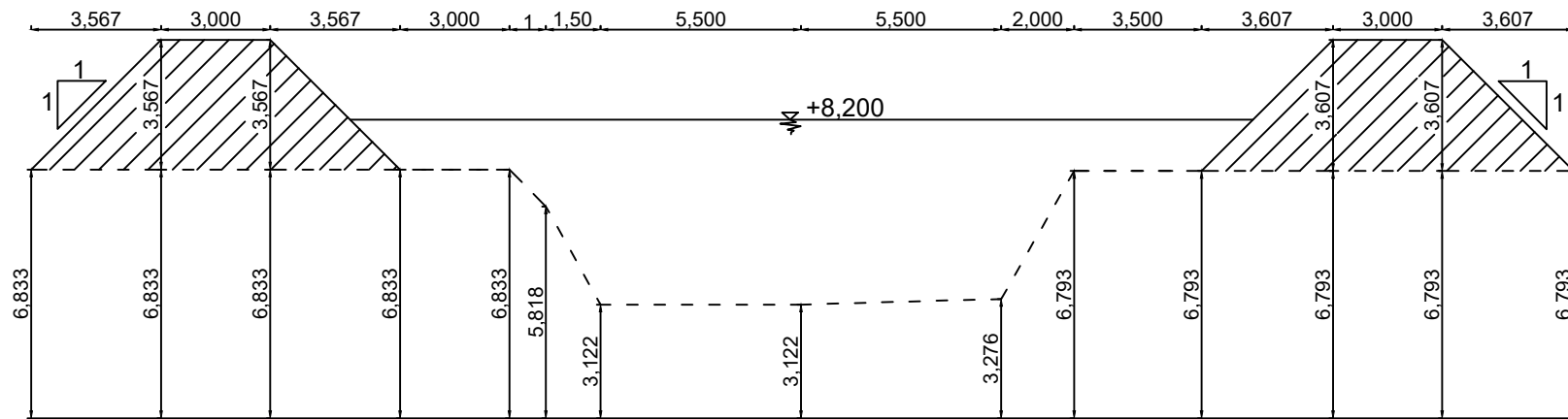
NO. LEMBAR
10

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 113 (P.52)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 112 (P.51A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

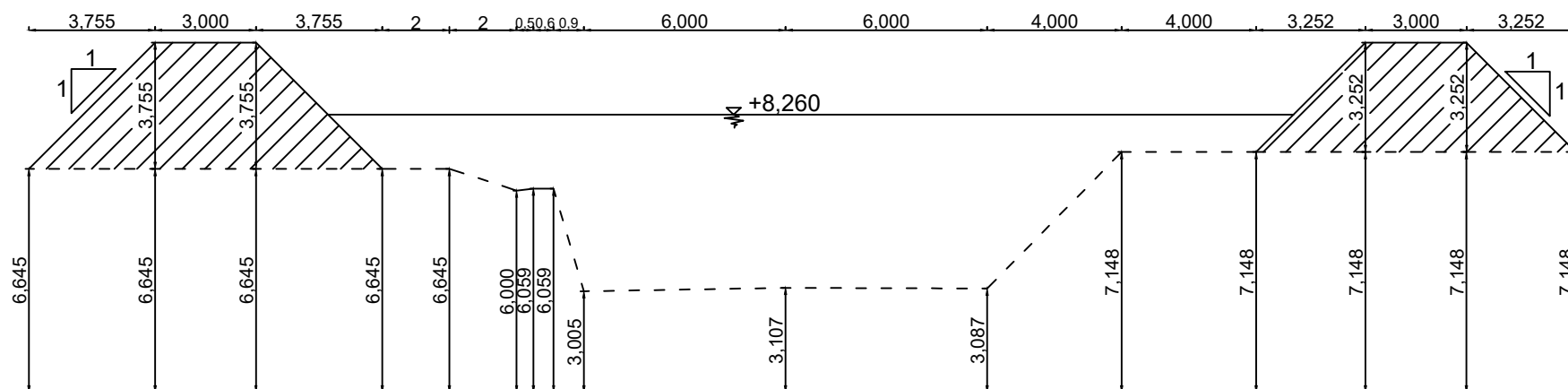
CROSS SECTION STA 113 (P.52) dan
112 (P.51A)

NO. LEMBAR

11

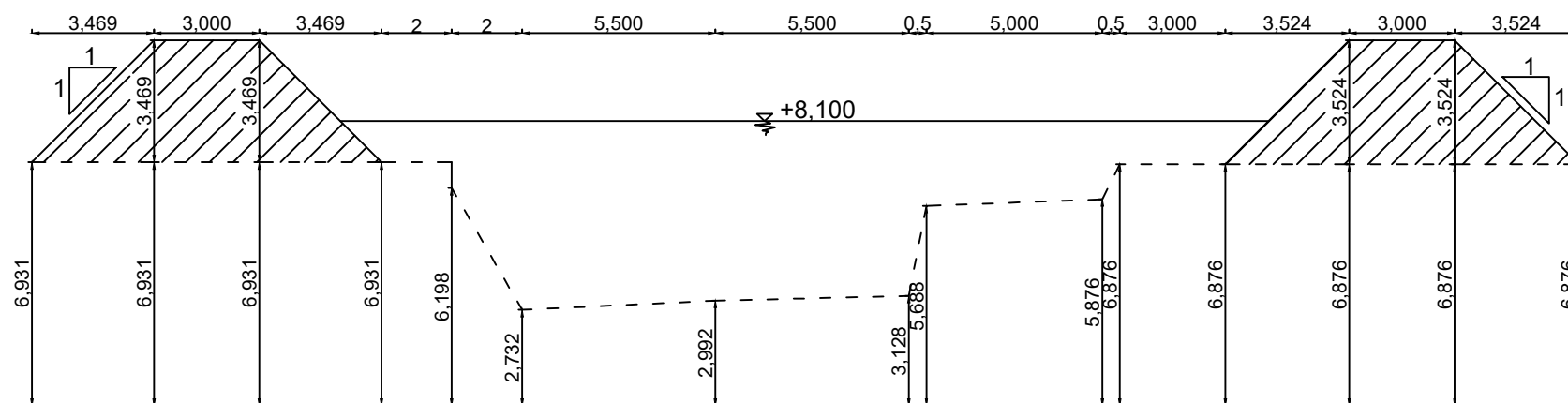
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 111 (P.51)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 110 (P.50A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR


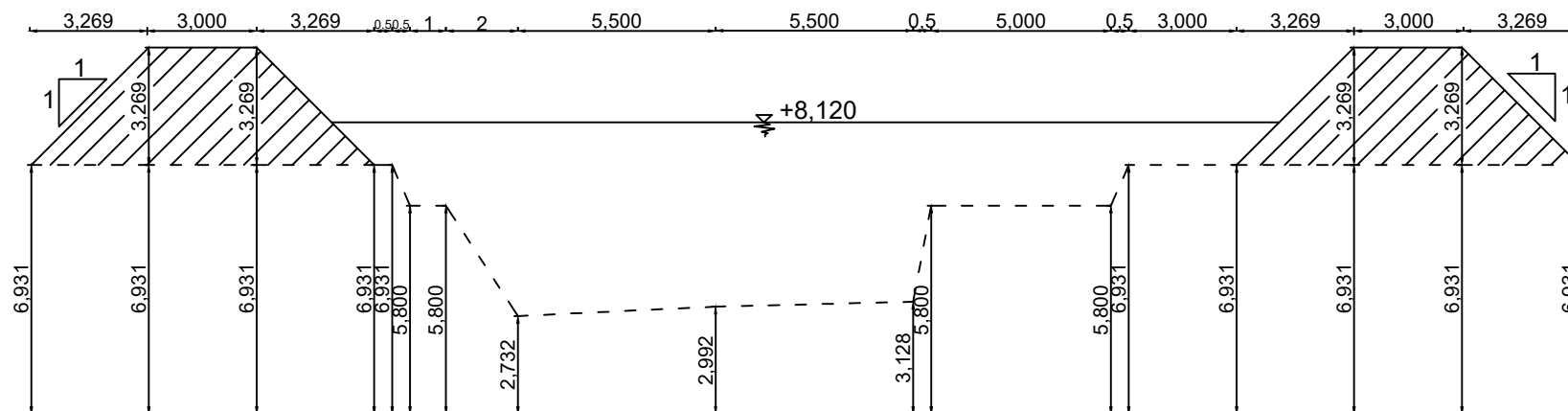
CROSS SECTION STA 111 (P.51) dan
110 (P.50A)

NO. LEMBAR


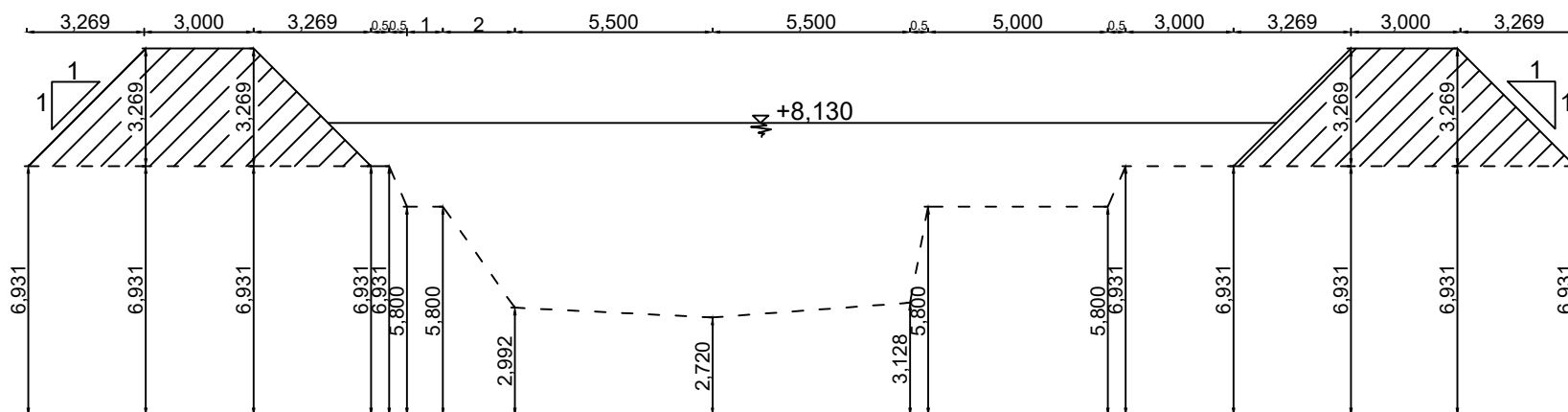
12

JML. LEMBAR

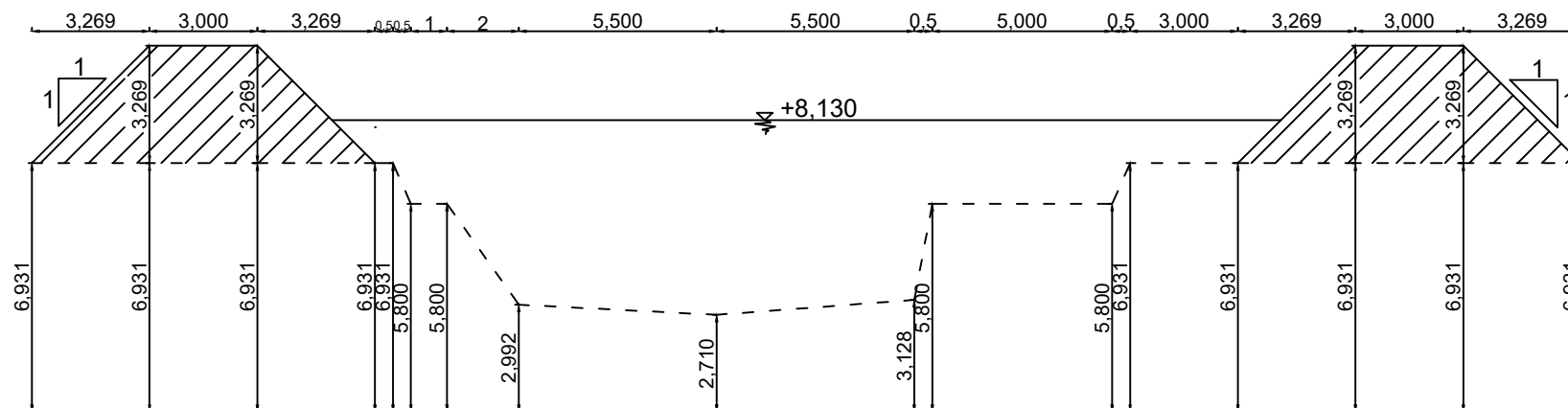
66



Cross Section STA 109 (*Upstream Jembatan*)
Skala 1:200 (satuan: m)

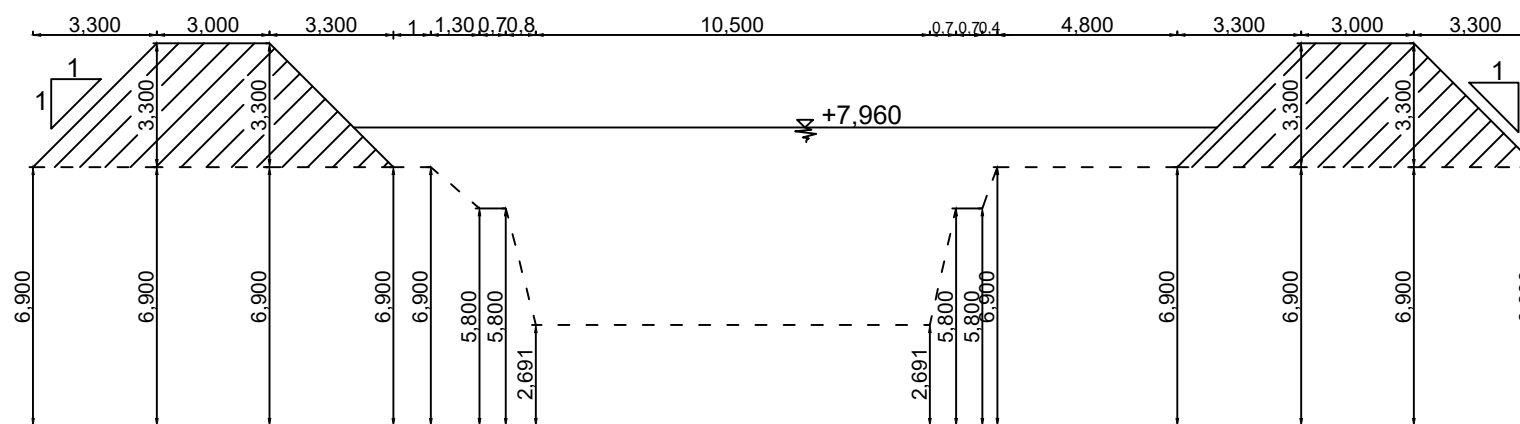


Cross Section STA 107 (*Downstream Jembatan*)
Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 106 (Upstream Jembatan)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 104 (Downstream Jembatan)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

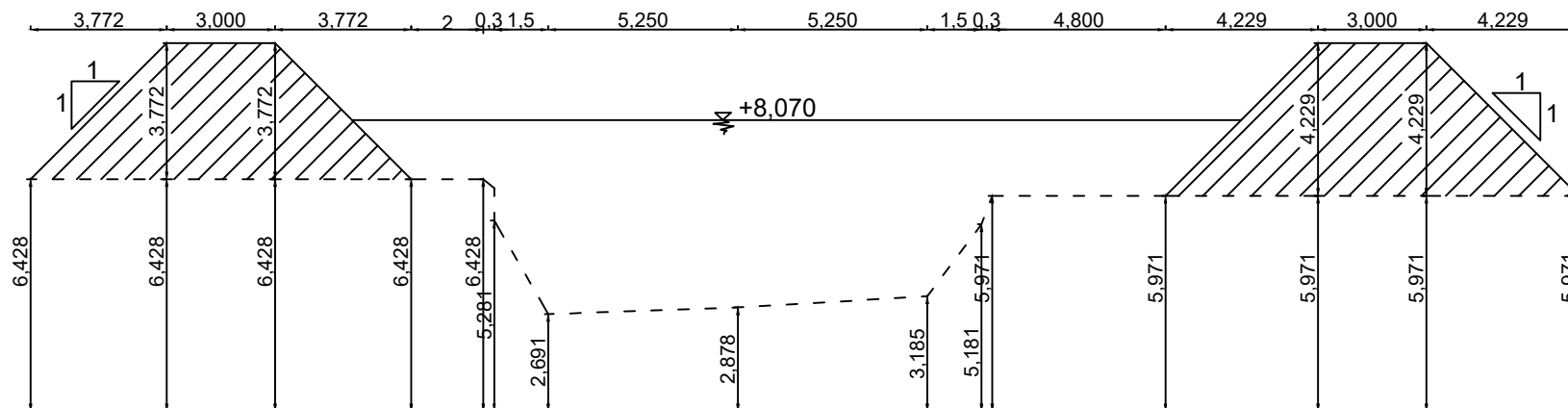
CROSS SECTION STA 106 (Upstream
Jembatan) dan 104 (Downstream
Jembatan)

NO. LEMBAR

14

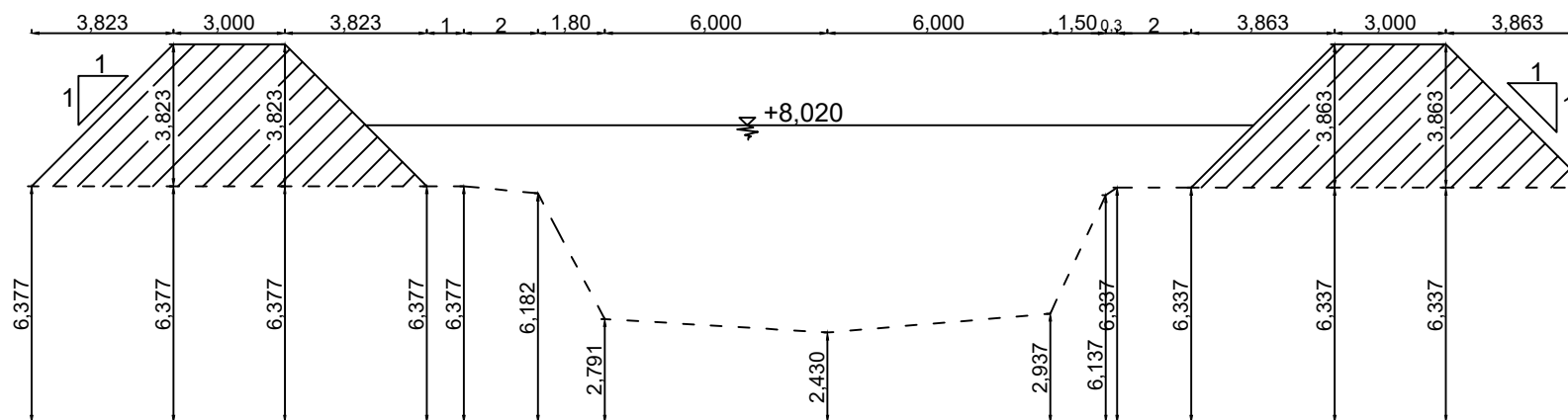
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 103 (P.50)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 102 (P.49A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

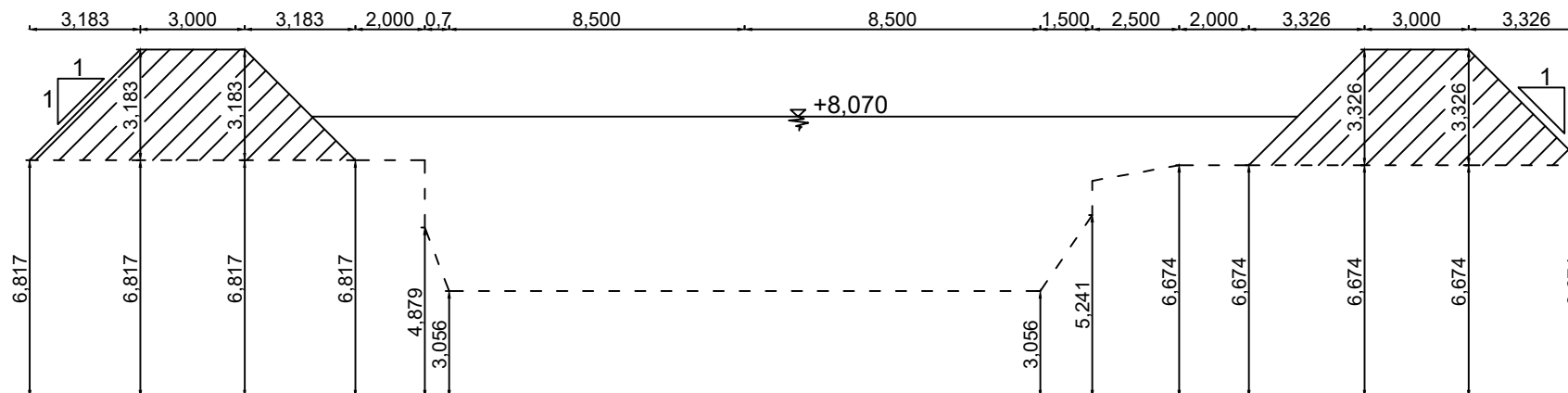
JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 103 (P.50) dan
102 (P.49A)

NO. LEMBAR

15

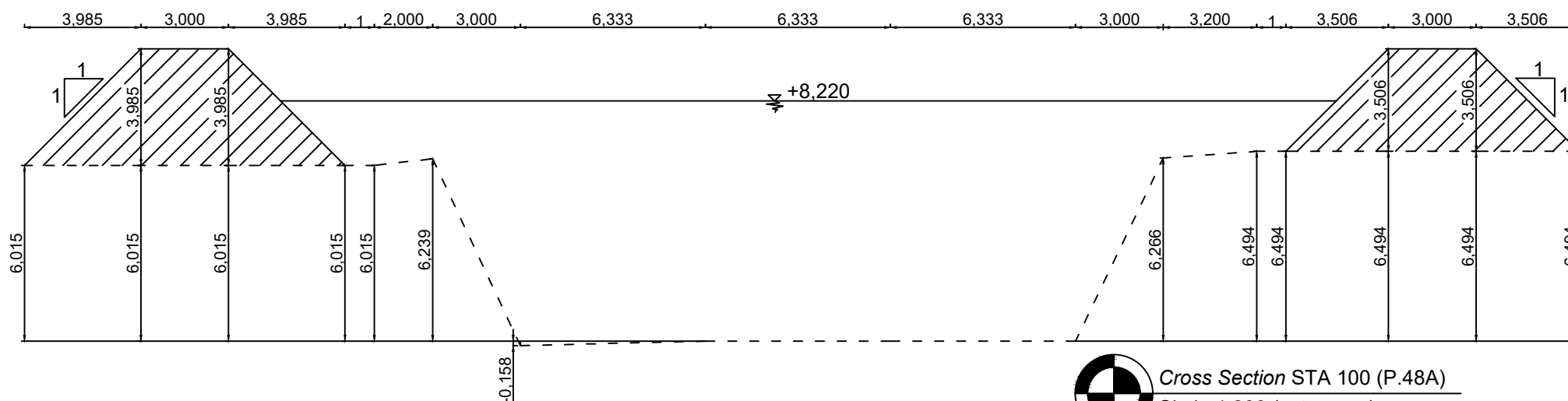
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 101 (P.49)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 100 (P.48A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

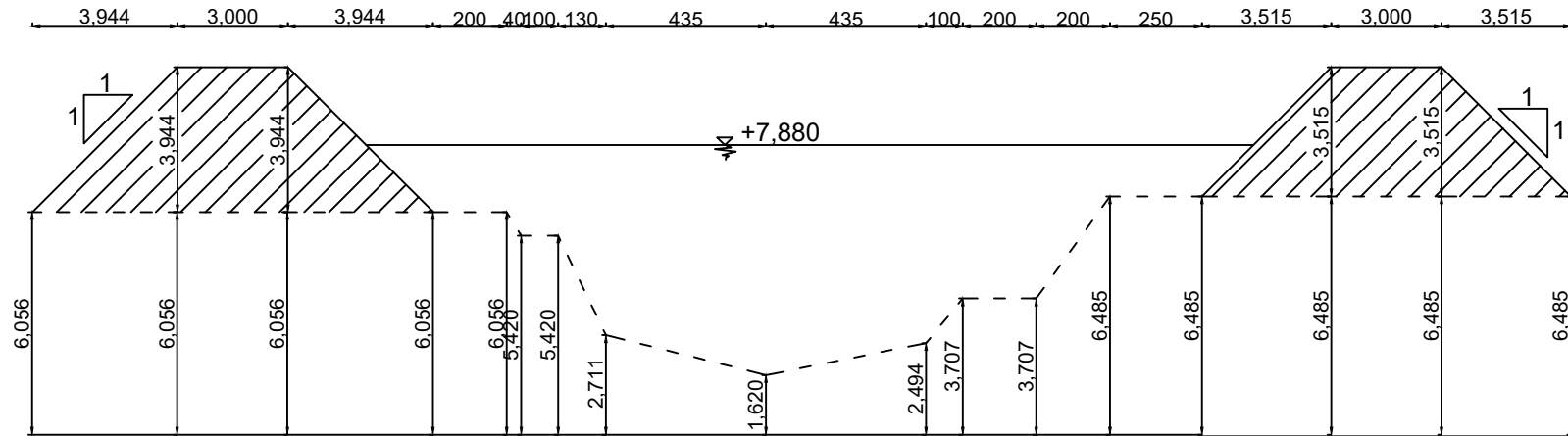
CROSS SECTION STA 101 (P.49) dan
100 (P.48A)

NO. LEMBAR

16

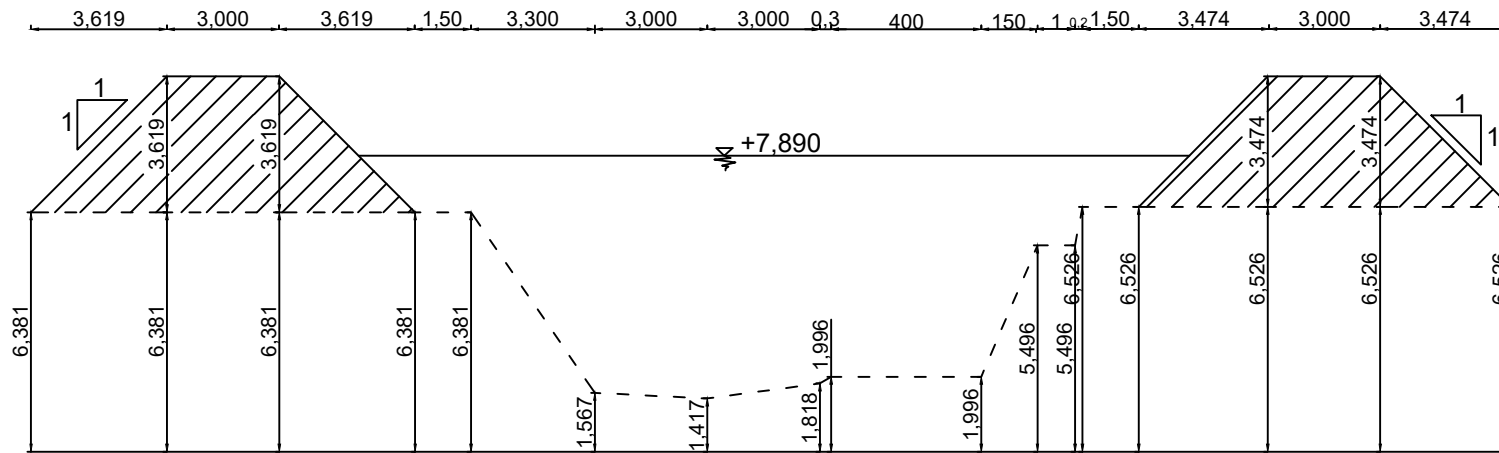
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 99 (P.48)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 98 (P.47A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

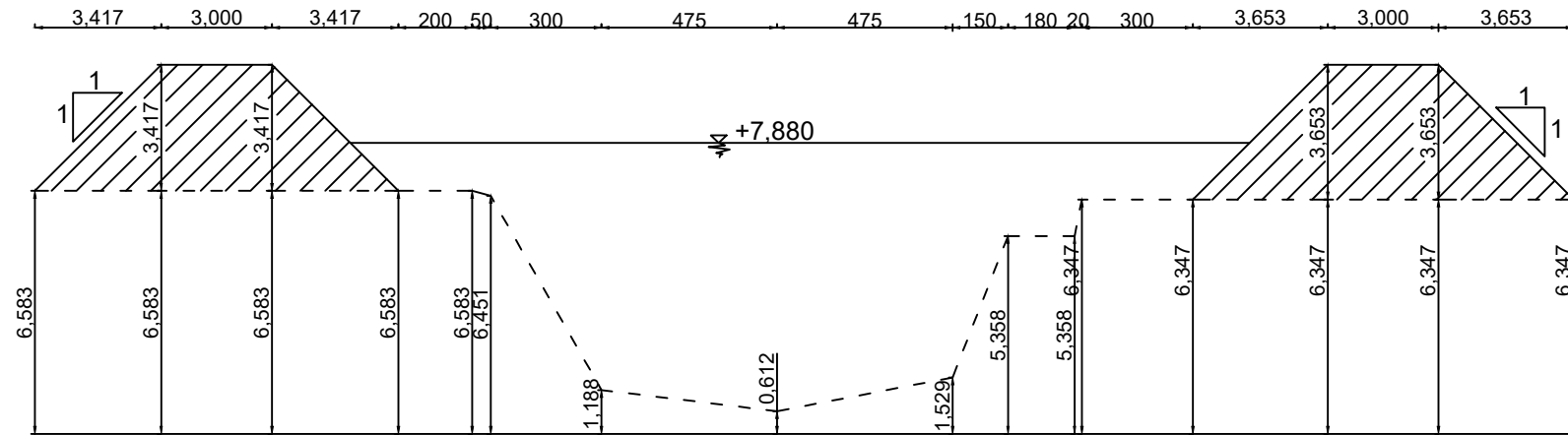
JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 99 (P.48) dan
98 (P.47A)

NO. LEMBAR

17

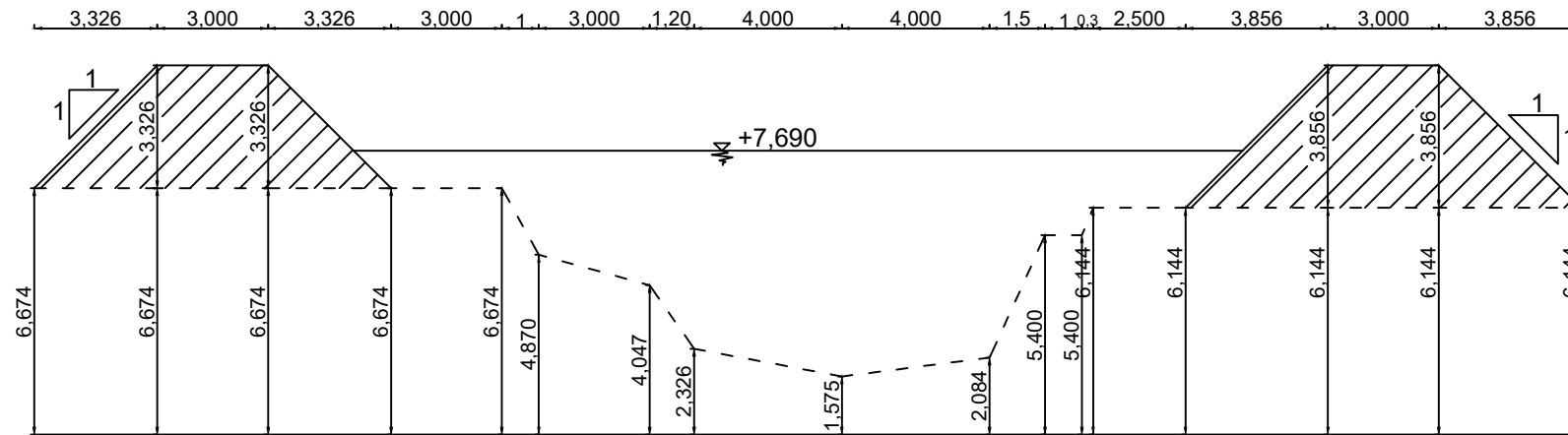
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 97 (P.47)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 96 (P.46A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 97 (P.47) dan
96 (P.46A)

NO. LEMBAR

18

JML. LEMBAR


66

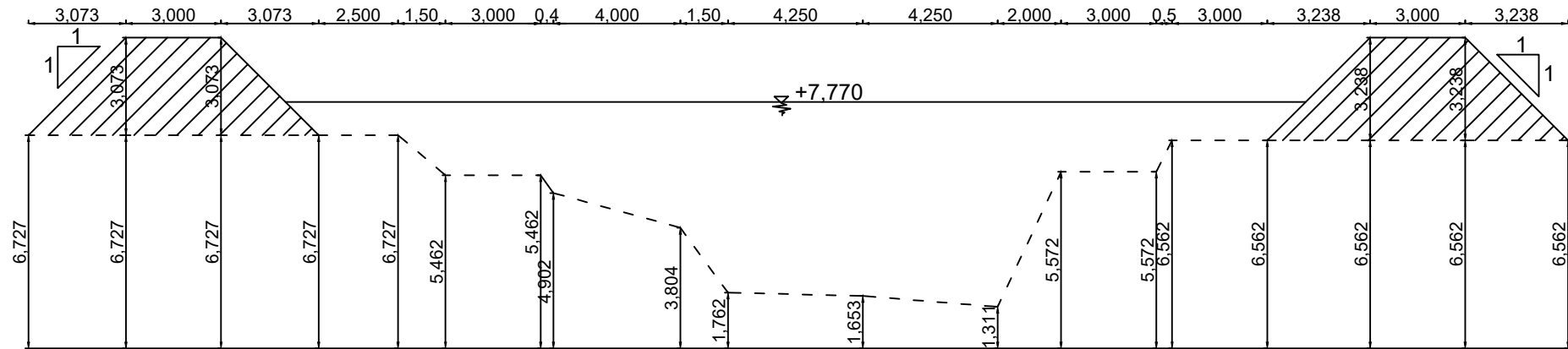


Skala 1:200 (satuan: m)



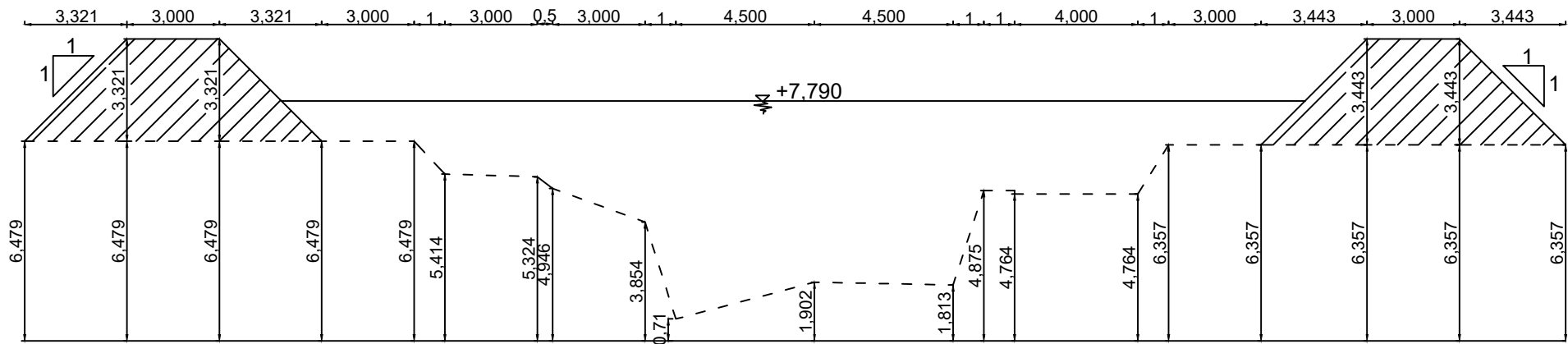
Skala 1:200 (satuan: m)

	<p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		<p>PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR</p>	<p>Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.</p>	<p><i>CROSS SECTION STA 95 (P.46) dan 94 (P.45A)</i></p>	<p>19</p>	<p>66</p>



Cross Section STA 93 (P.45)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 92 (P.44A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

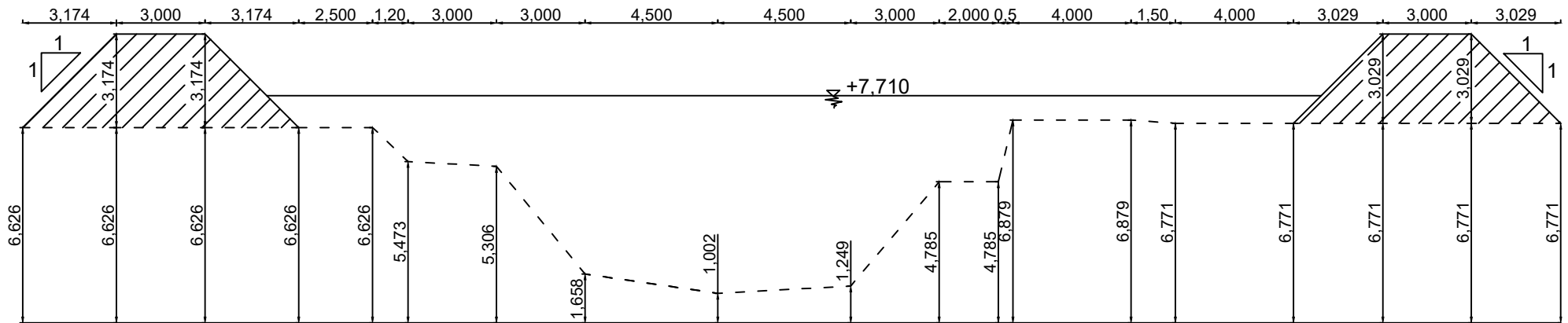
CROSS SECTION STA 93 (P.45) dan
92 (P.44A)

NO. LEMBAR

20

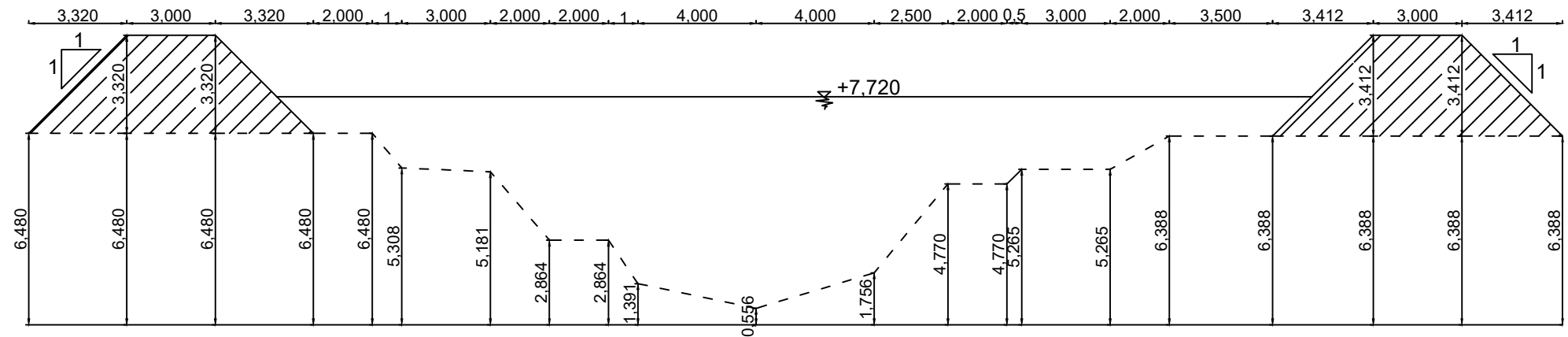
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 91 (P.44)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 90 (P.43A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

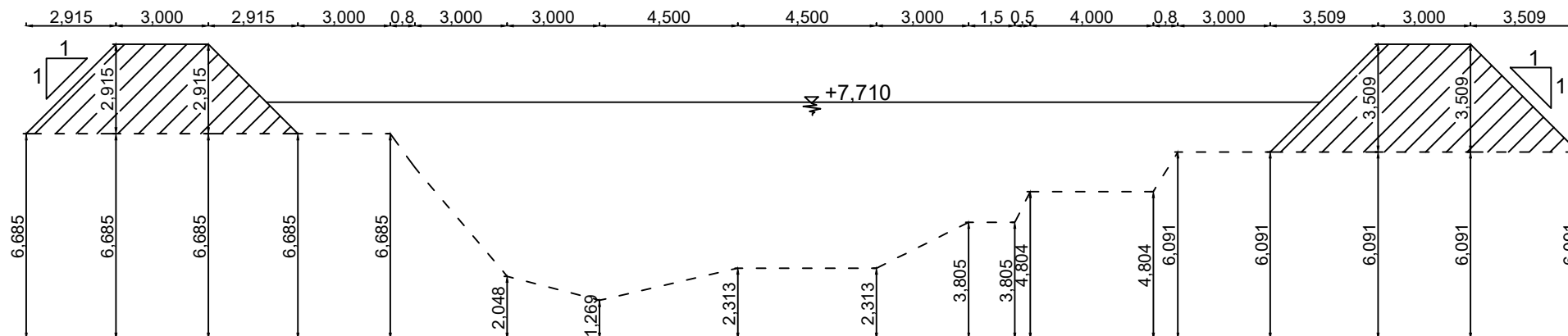
CROSS SECTION STA 91 (P.44) dan
90 (P.43A)

NO. LEMBAR

21

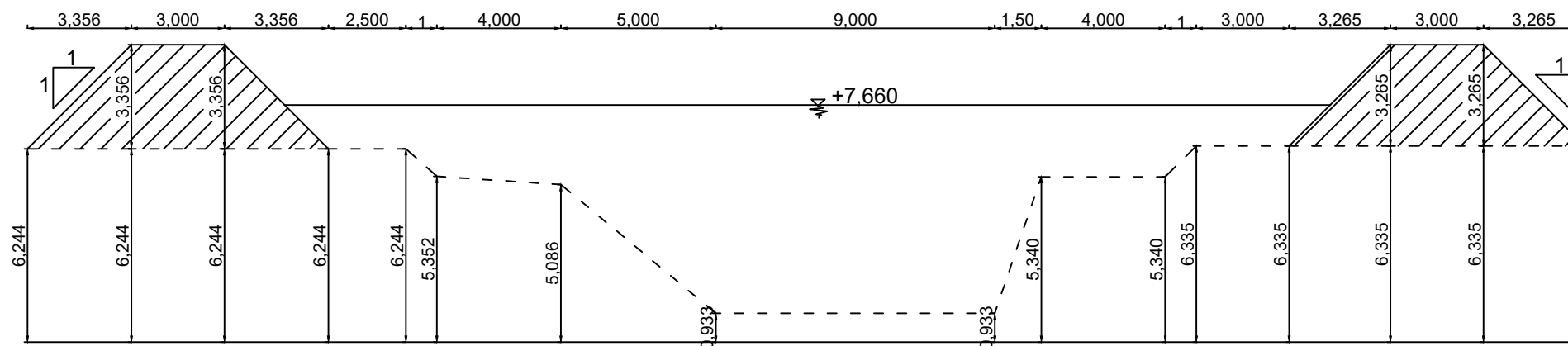
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 89 (P.43)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 88 (P.42A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

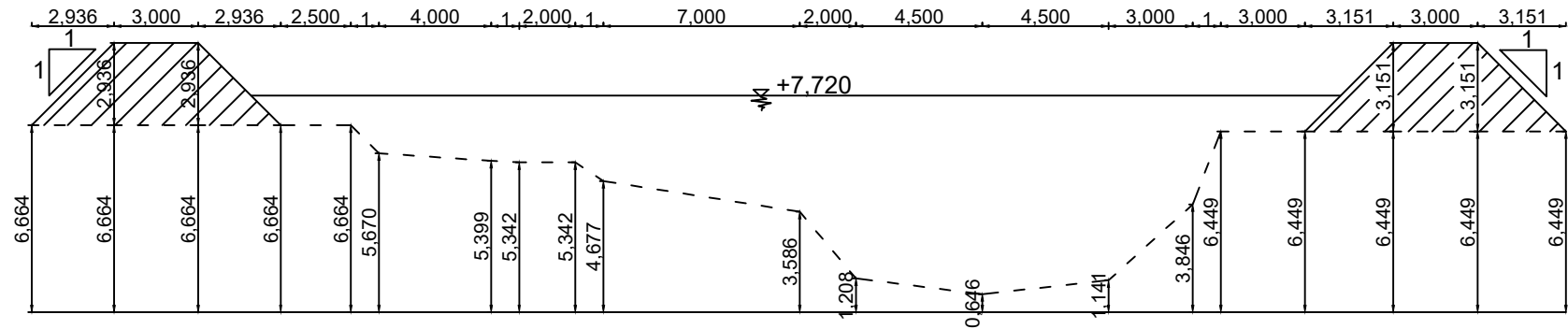
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 89 (P.43) dan
88 (P.42A)

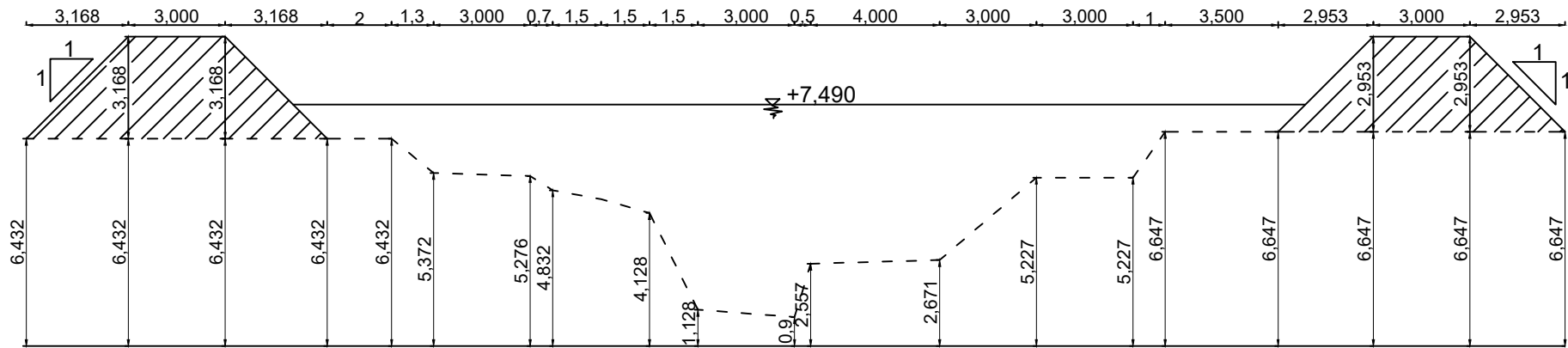
NO. LEMBAR
22

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 87 (P.42)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 86 (P.41A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

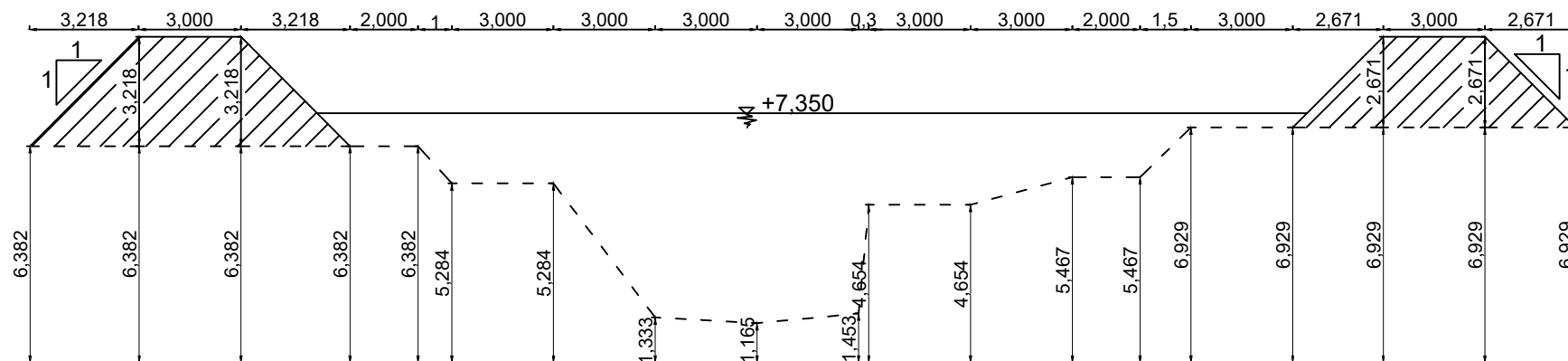
CROSS SECTION STA 87 (P.42) dan
86 (P.41A)

NO. LEMBAR

23

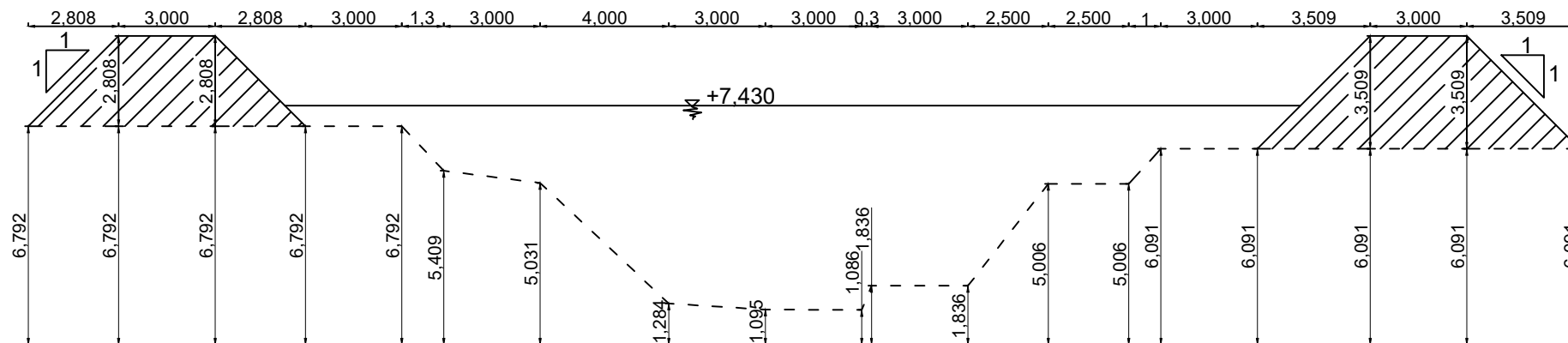
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 85 (P.41)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 84 (P.40A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

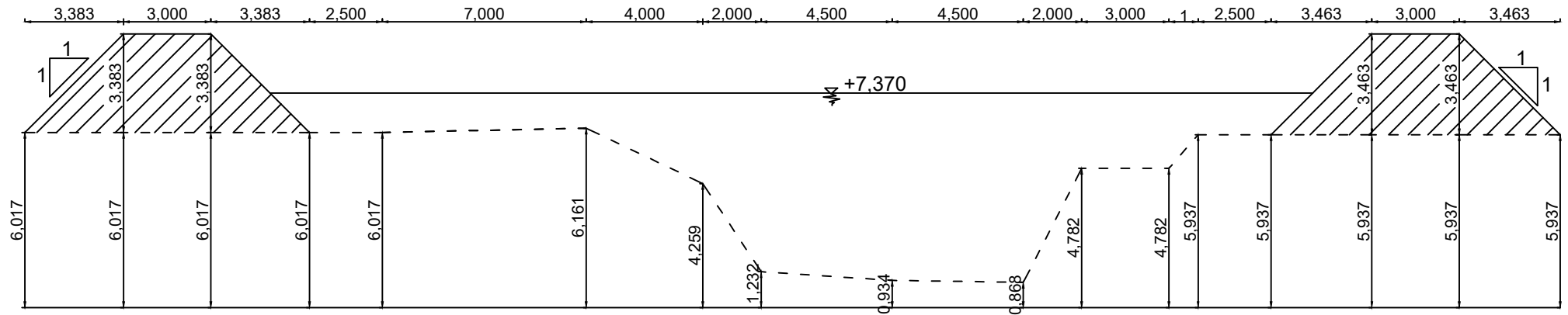
CROSS SECTION STA 85 (P.41) dan
84 (P.40A)

NO. LEMBAR

24

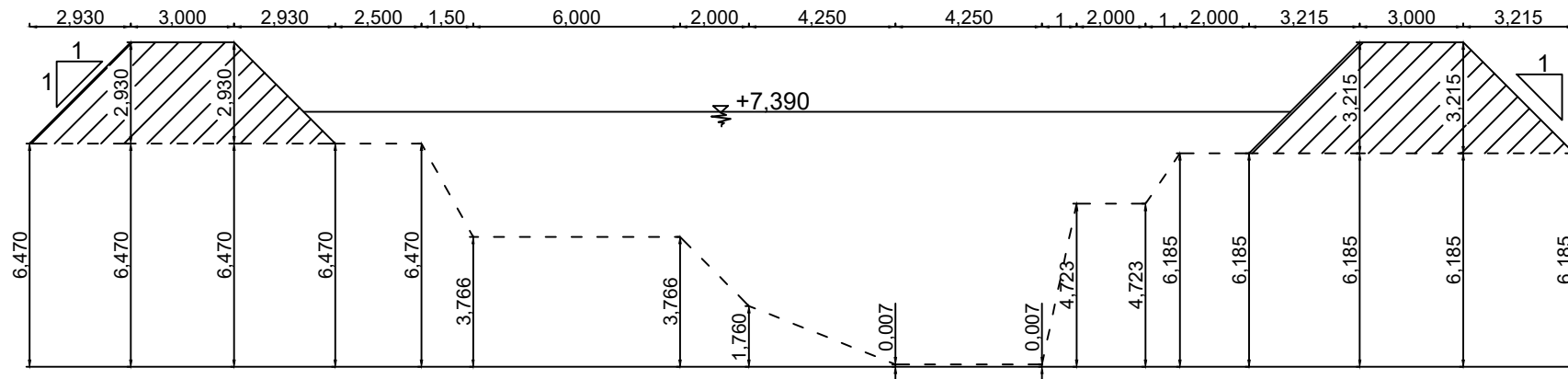
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 83 (P.40)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 82 (P.39A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

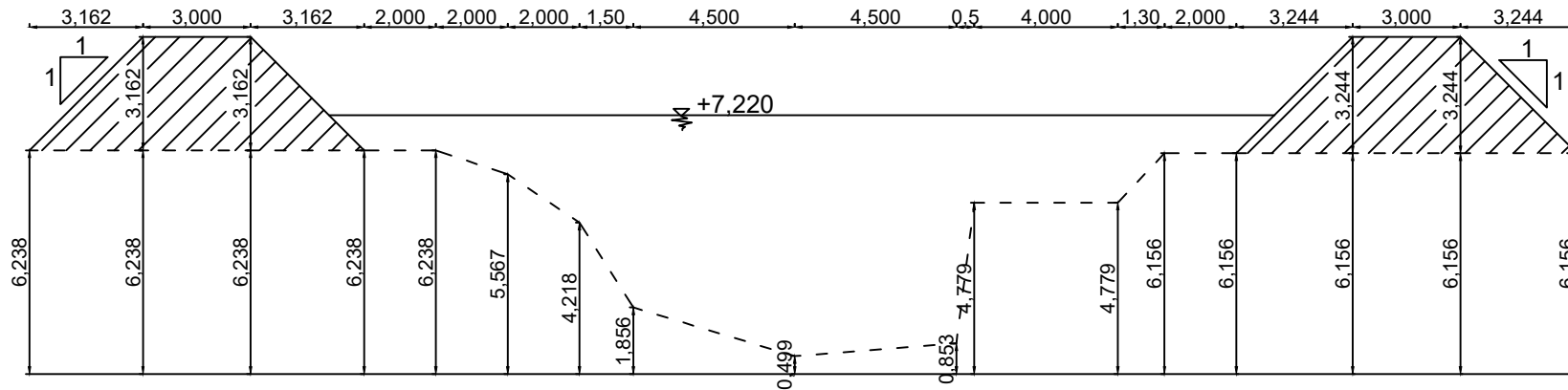
JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 83 (P.40) dan
82 (P.39A)

NO. LEMBAR

25

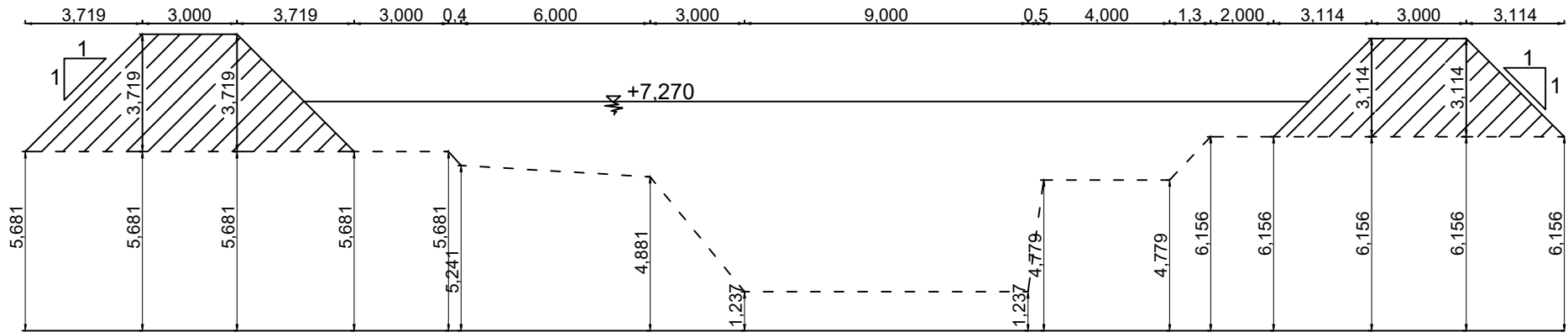
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 81 (P.39)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 80 (P.38A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

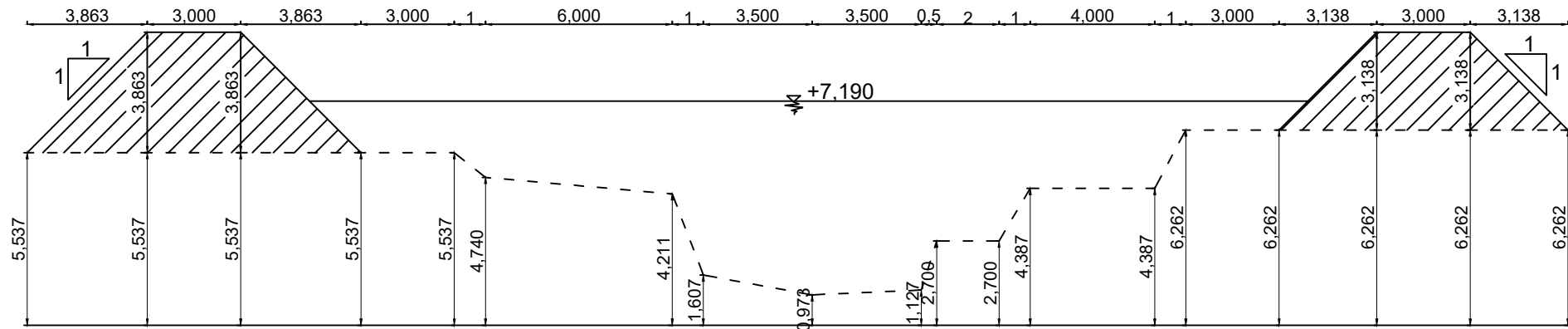
CROSS SECTION STA 81 (P.39) dan
80 (P.38A)

NO. LEMBAR

26

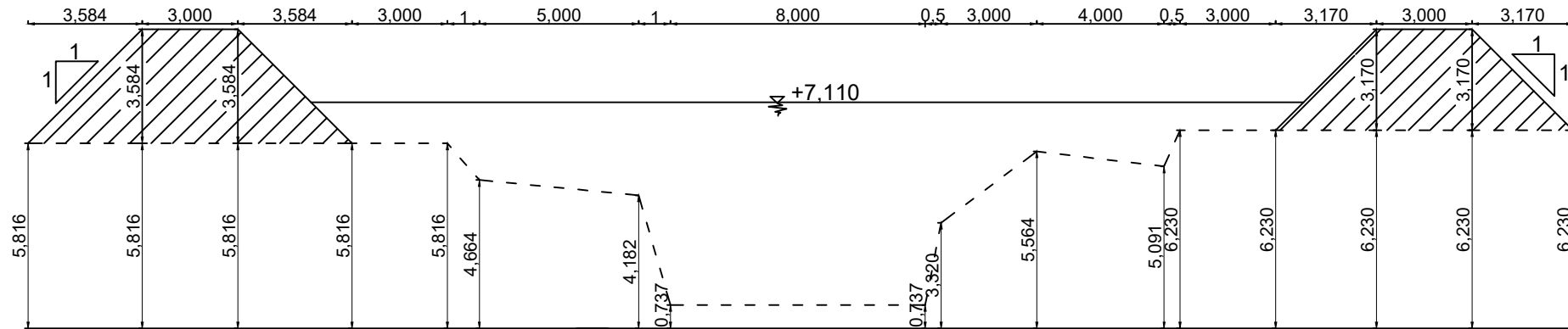
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 79 (P.38)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 78 (P.37A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

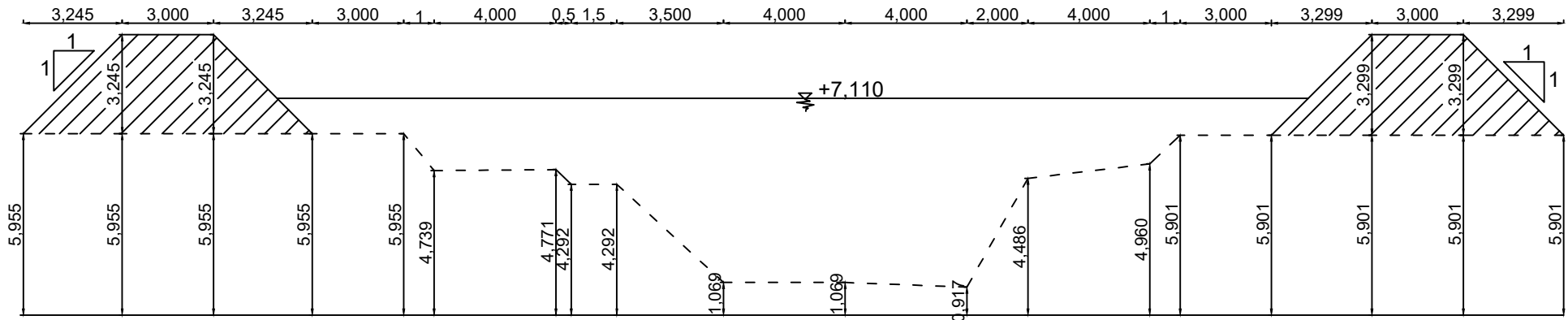
CROSS SECTION STA 79 (P.38) dan
78 (P.37A)

NO. LEMBAR

27

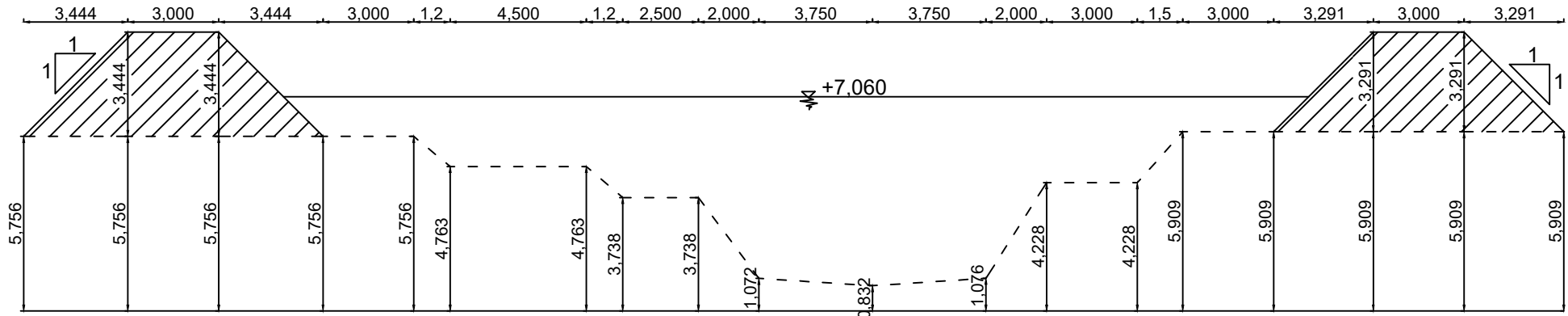
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 77 (P.37)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 76 (P.36A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

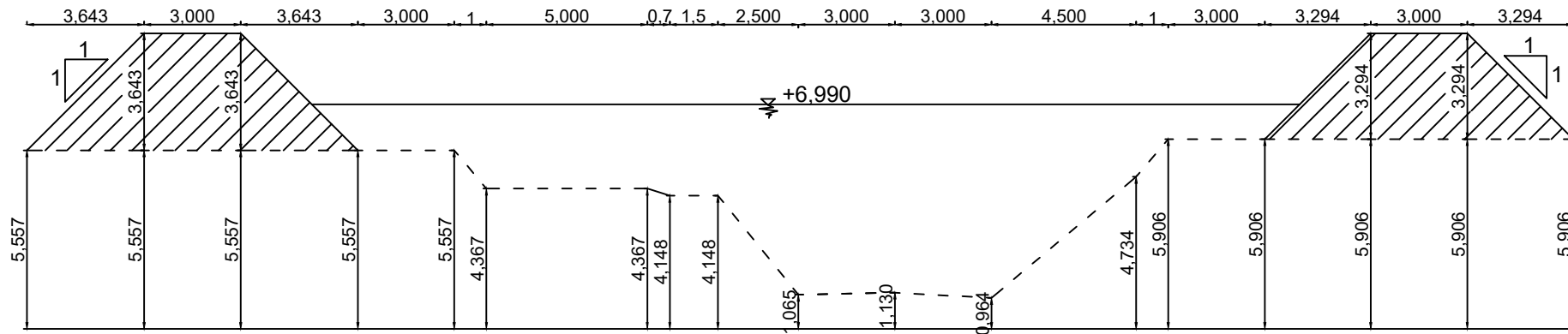
CROSS SECTION STA 77 (P.37) dan
76 (P.36A)

NO. LEMBAR

28

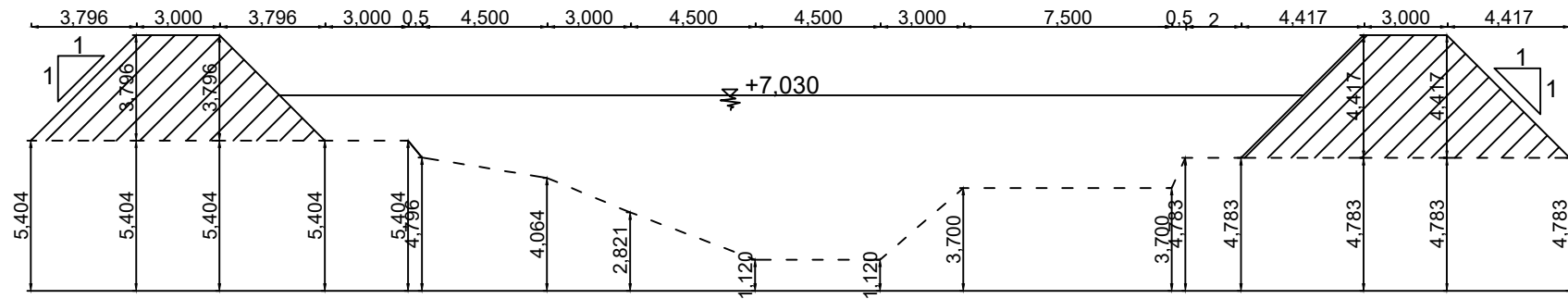
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 75 (P.36)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 74 (P.35A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

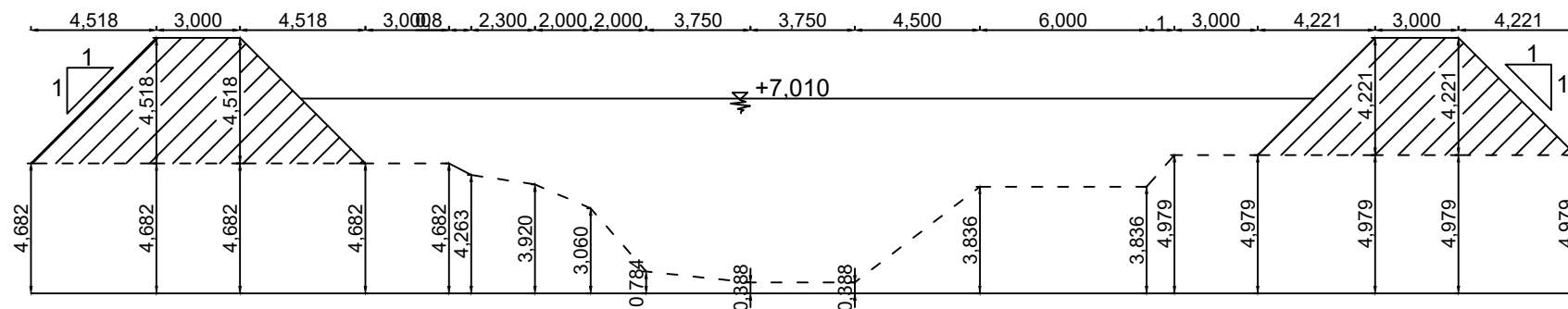
CROSS SECTION STA 75 (P.36) dan
74 (P.35A)

NO. LEMBAR

29

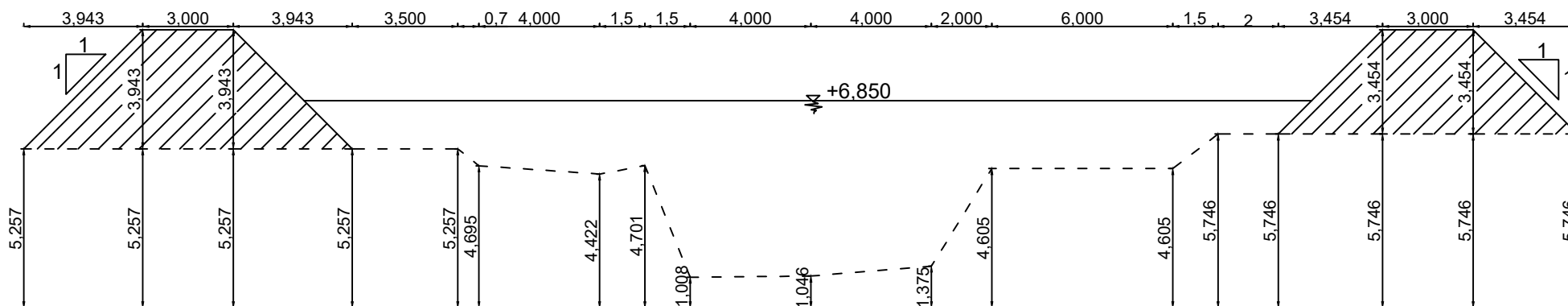
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 73 (P.35)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 72 (P.34A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

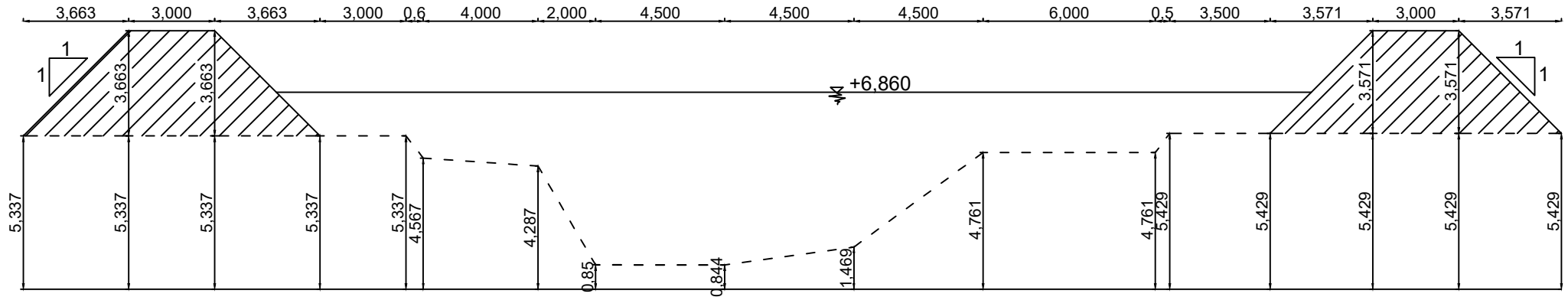
CROSS SECTION STA 73 (P.35) dan
72 (P.34A)

NO. LEMBAR

30

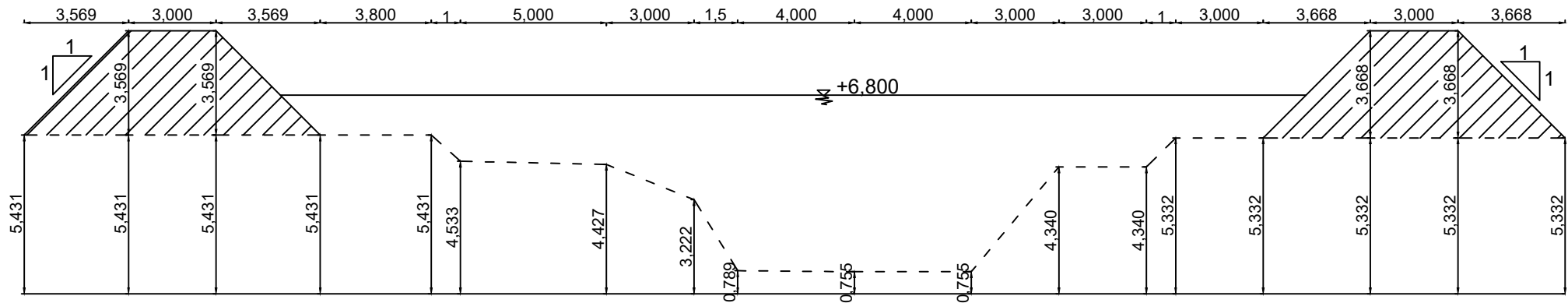
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 71 (P.34)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 70 (P.33A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

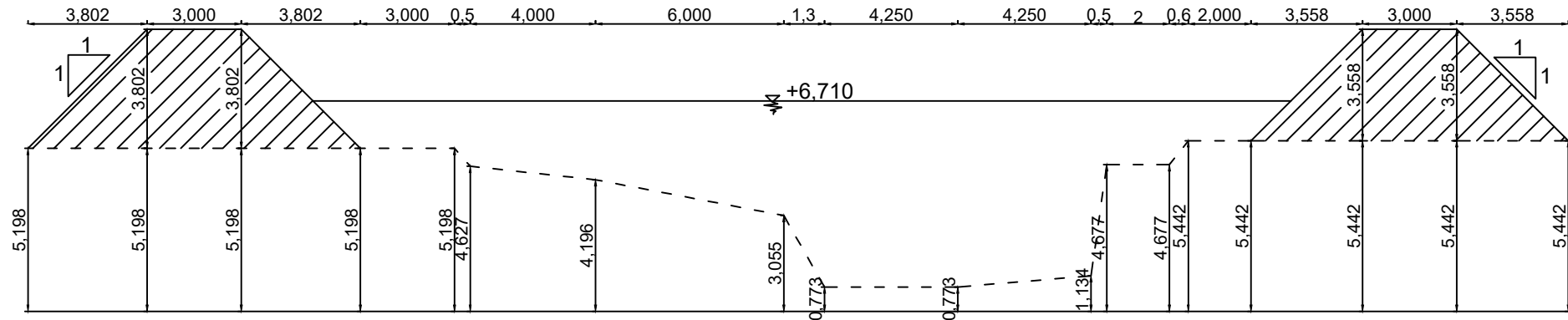
CROSS SECTION STA 71 (P.34) dan
70 (P.33A)

NO. LEMBAR

31

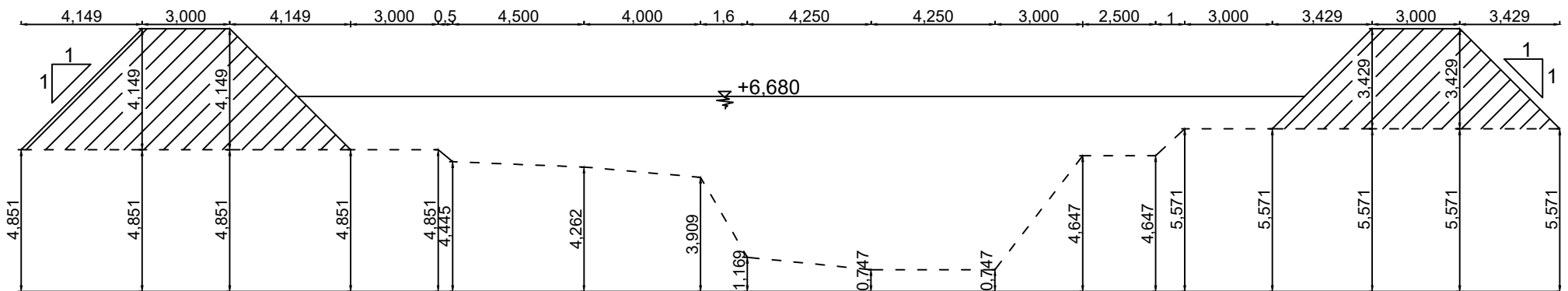
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 69 (P.33)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 68 (P.32A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

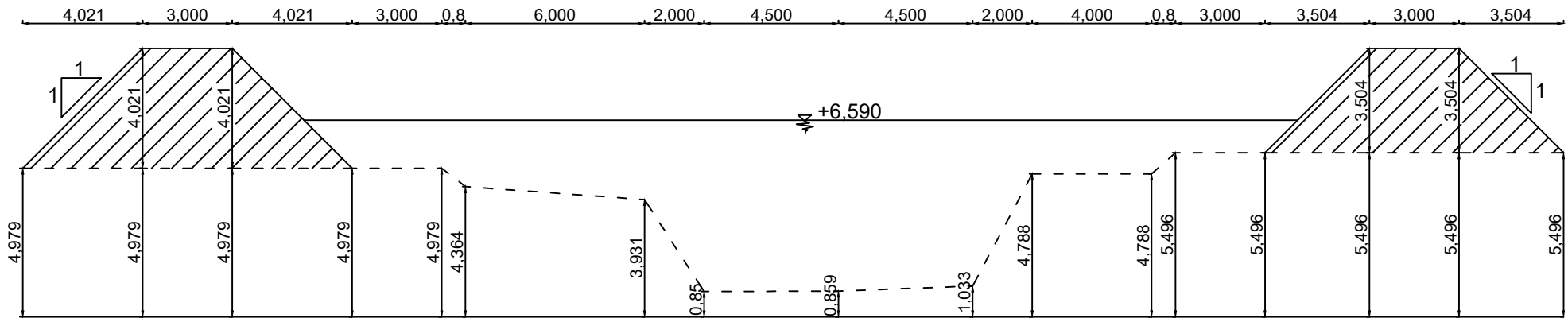
CROSS SECTION STA 69 (P.33) dan
68 (P.32A)

NO. LEMBAR

32

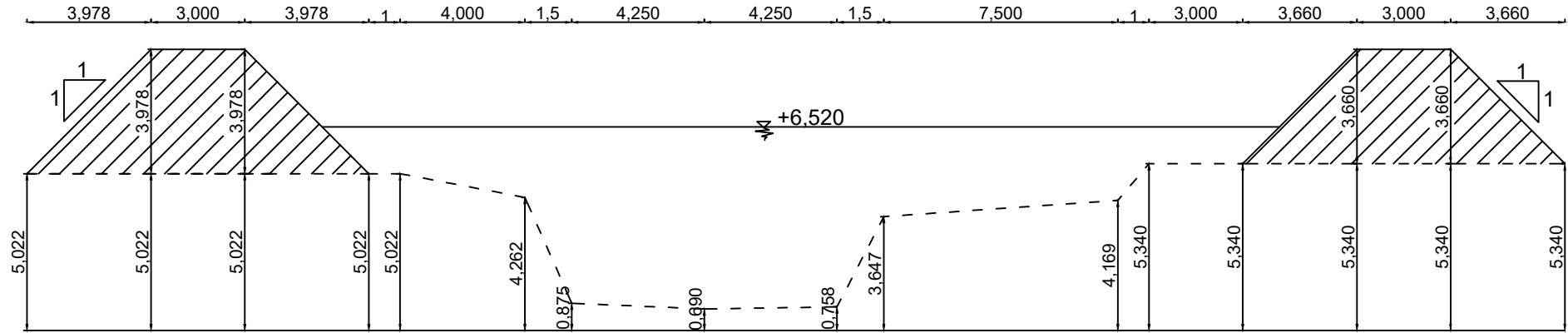
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 67 (P.32)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 66 (P.31A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

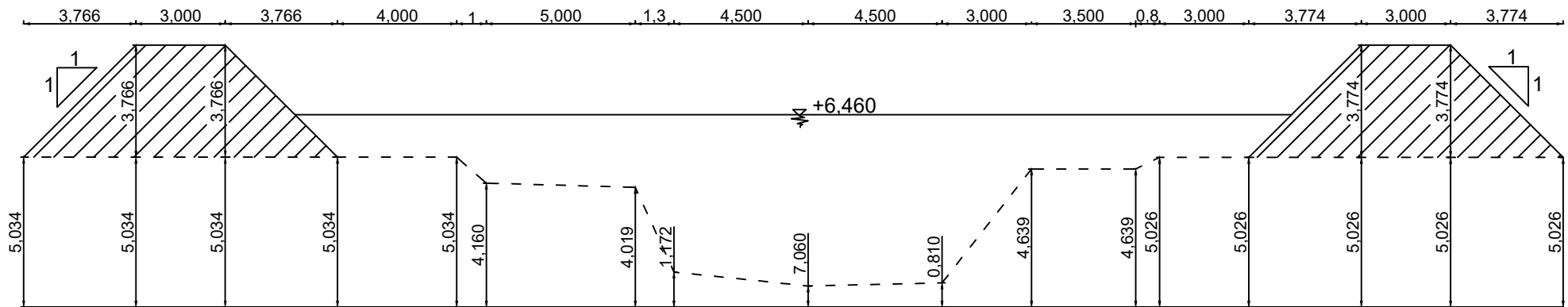
CROSS SECTION STA 67 (P.31) dan
66 (P.30A)

NO. LEMBAR

33

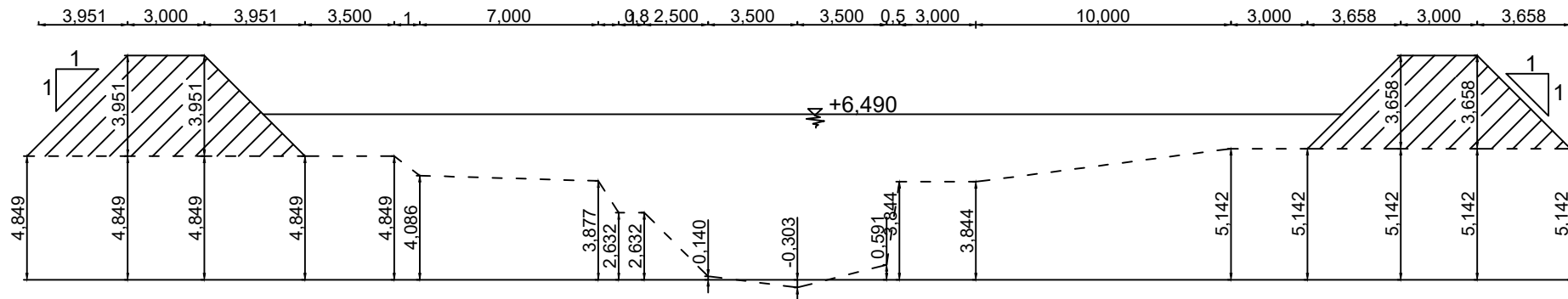
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 65 (P.31)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 64 (P.30A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 65 (P.31) dan
64 (P.30A)

NO. LEMBAR

34

JML. LEMBAR

66



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

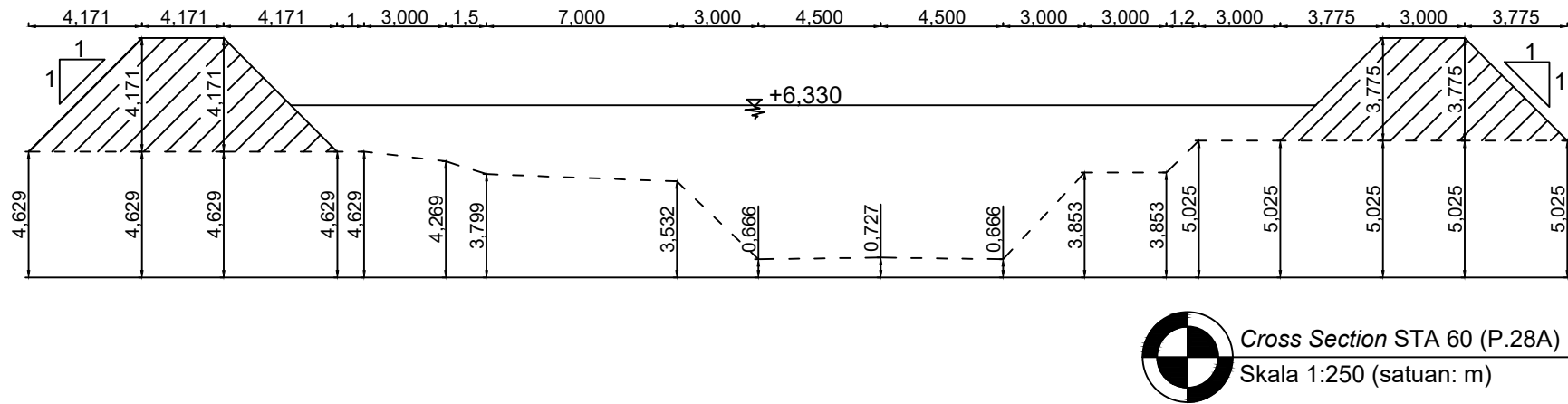
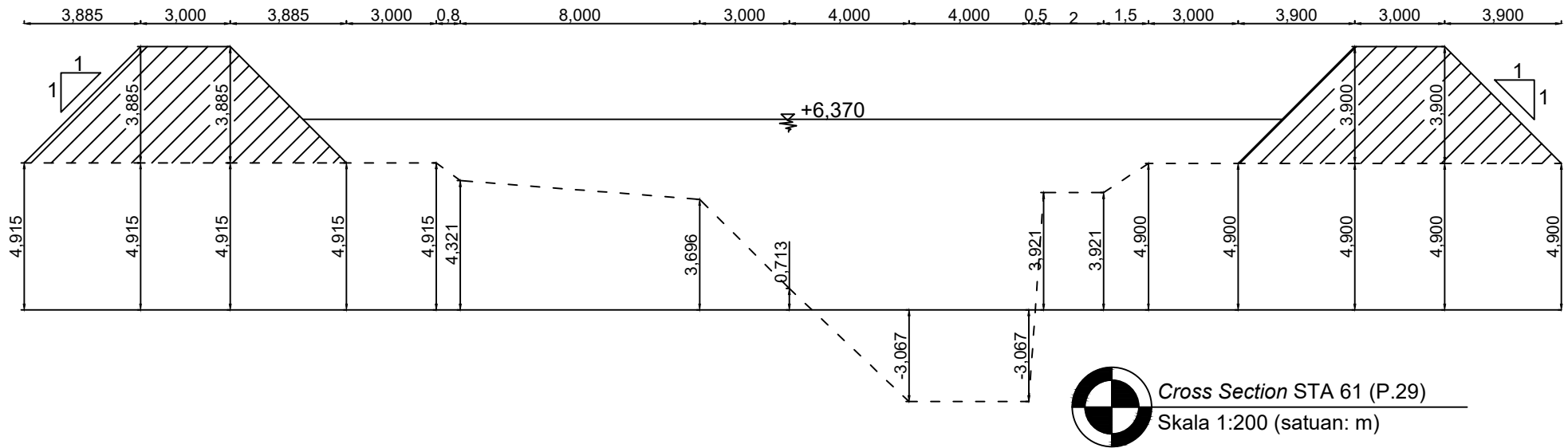
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

CROSS SECTION STA 63 (P.30) dan
62 (P.29A)

35

66



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

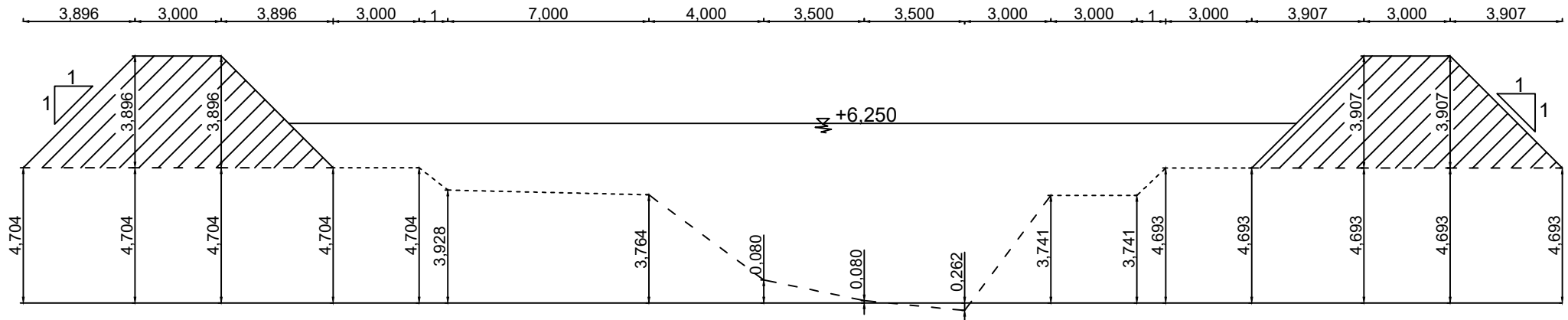
CROSS SECTION STA 61 (P.29) dan
60 (P.28A)

NO. LEMBAR

36

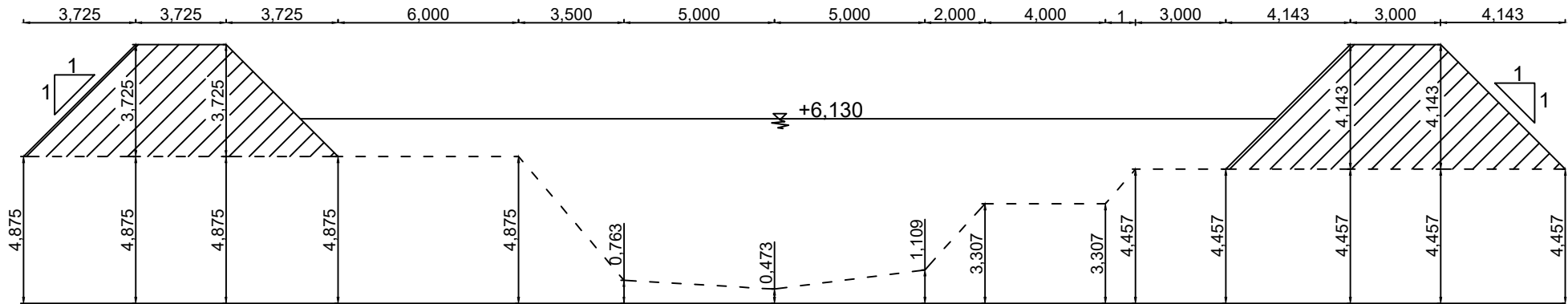
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 59 (P.28)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 58 (P.27A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

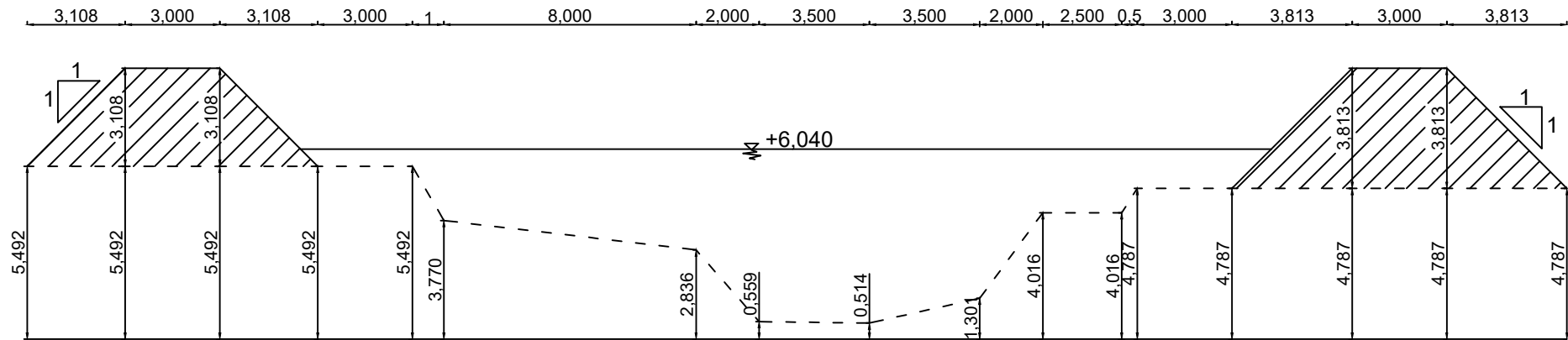
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 59 (P.28) dan
58 (P.27A)

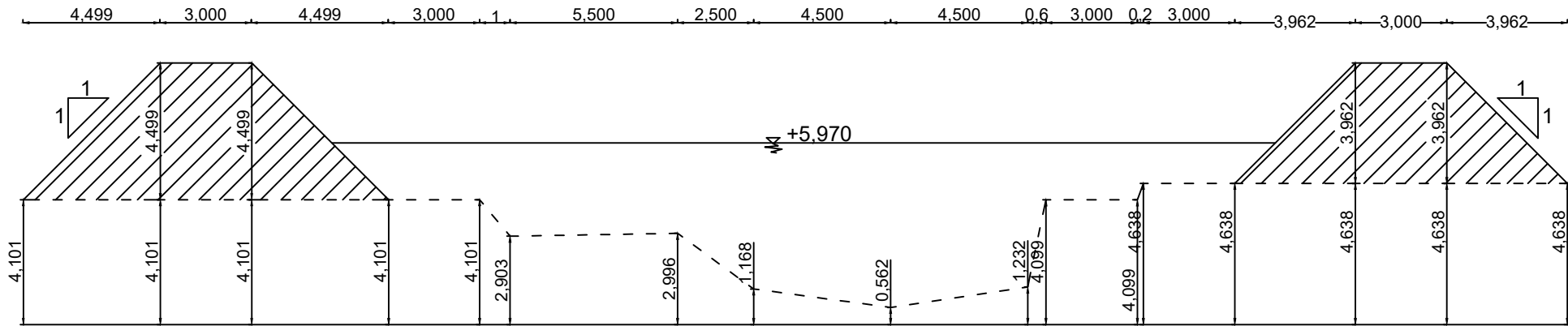
NO. LEMBAR
37

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 57 (P.27)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 56 (P.26A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

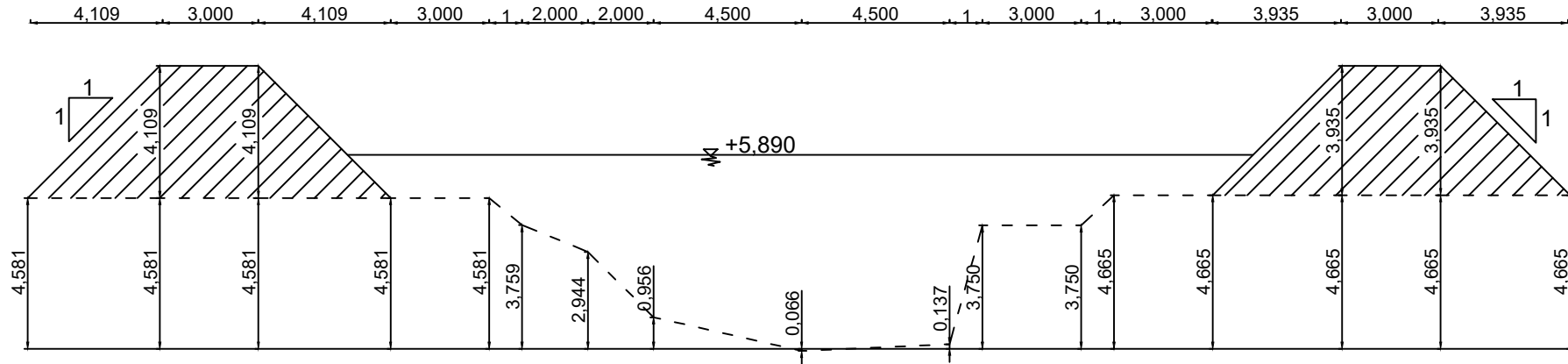
CROSS SECTION STA 57 (P.27) dan
56 (P.26A)

NO. LEMBAR

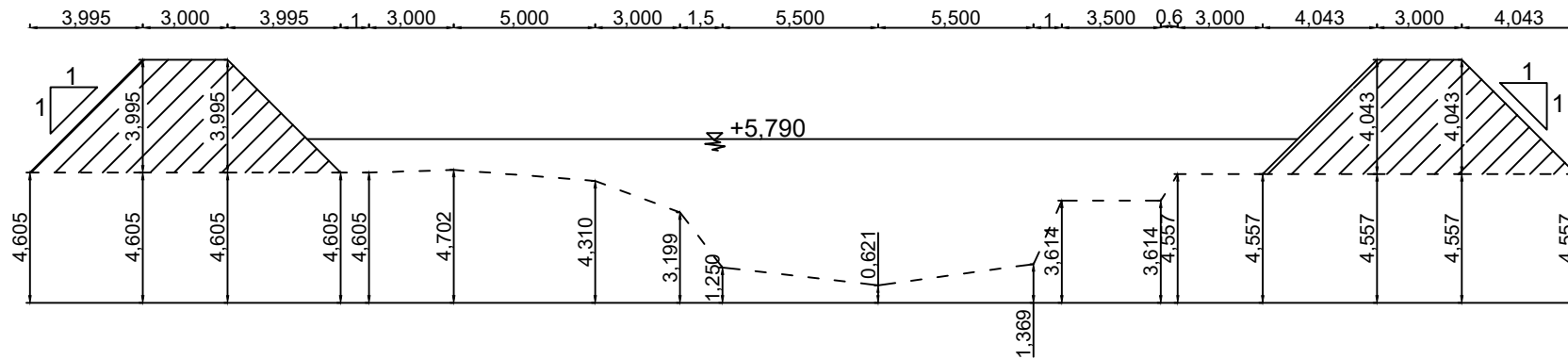
38

JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 55 (P.26)
Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 54 (P.25A)
Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

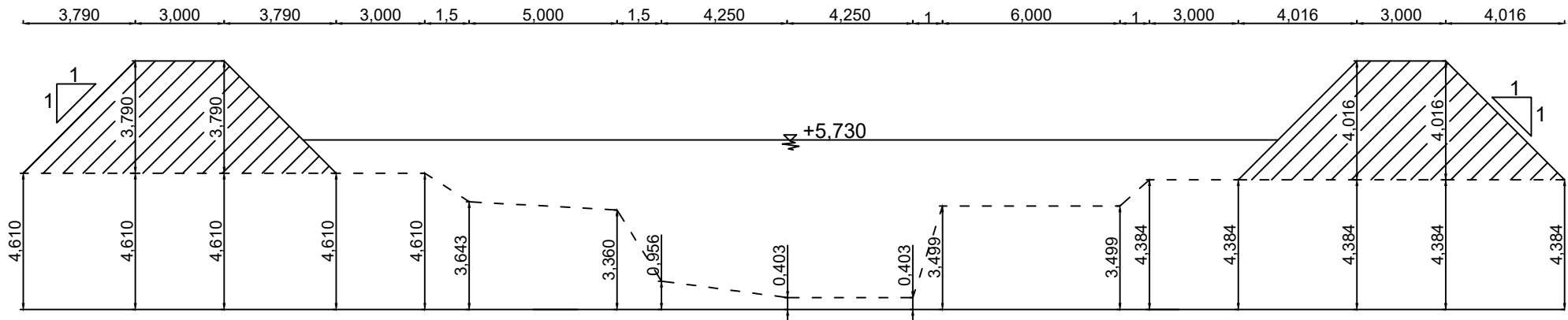
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 55 (P.26) dan
54 (P.25A)

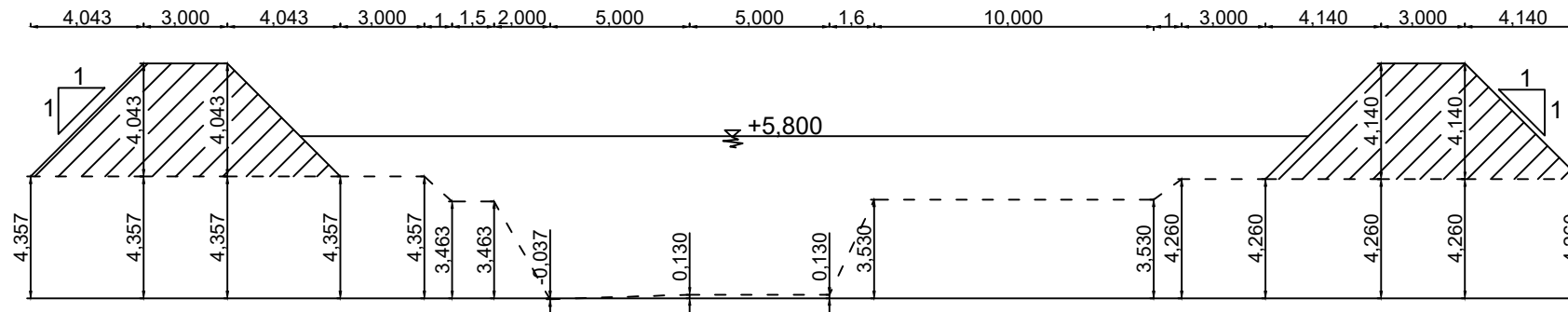
NO. LEMBAR
39

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 53 (P.25)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 52 (P.24A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

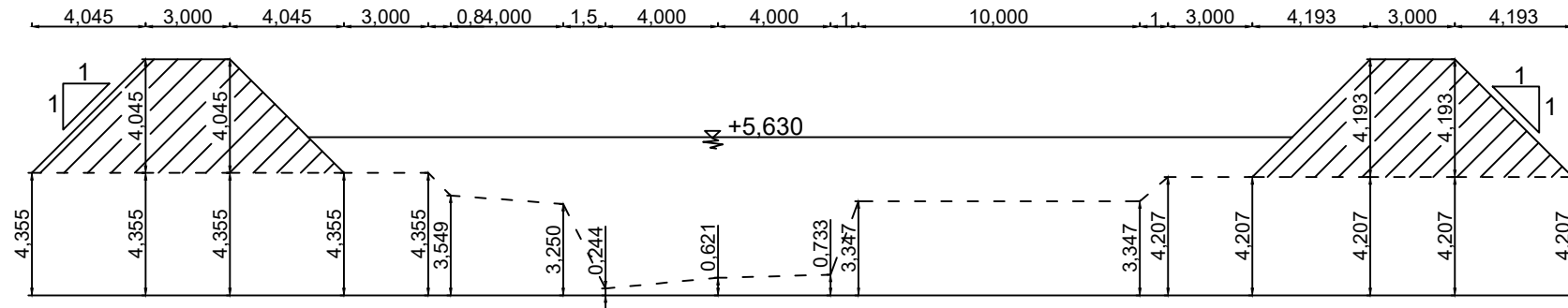
CROSS SECTION STA 53 (P.25) dan
52 (P.24A)

NO. LEMBAR

40

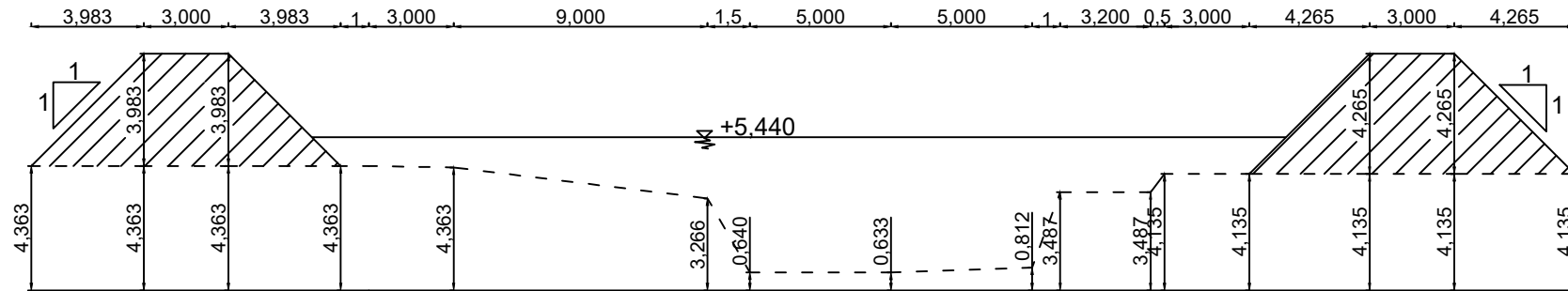
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 51 (P.24)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 50 (P.23A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 51 (P.24) dan
50 (P.23A)

NO. LEMBAR

41

JML. LEMBAR

66

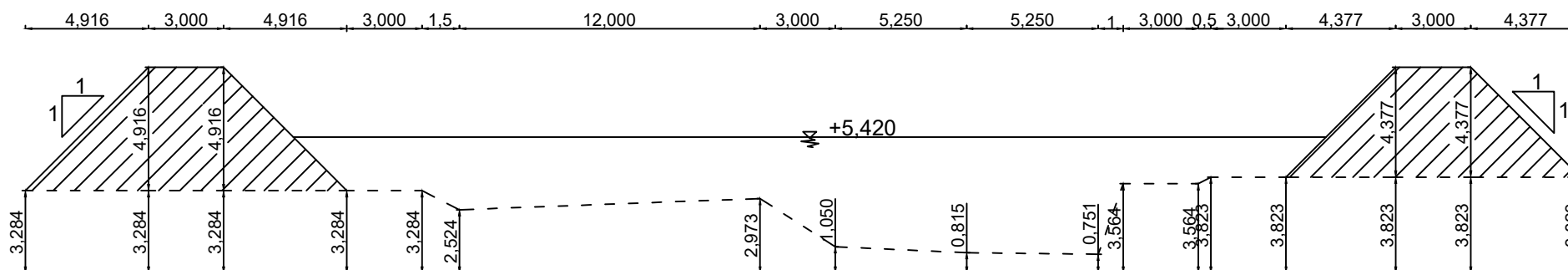


JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

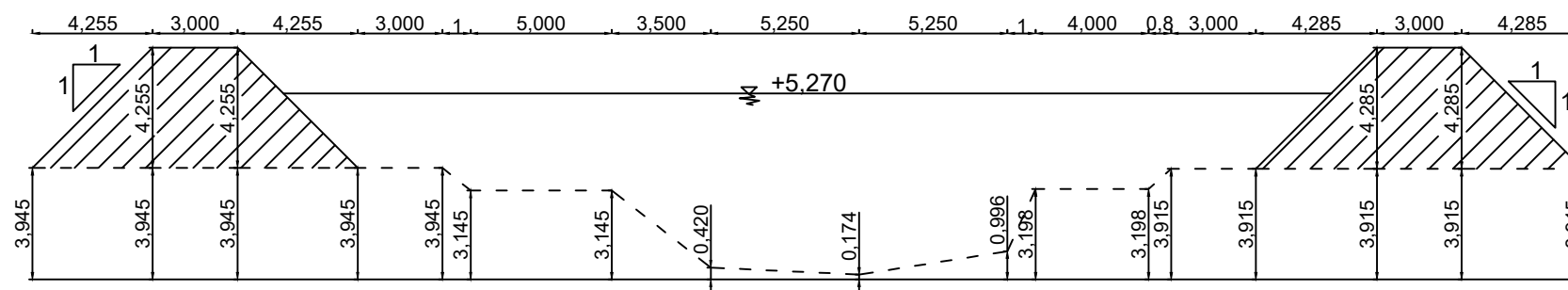
CROSS SECTION STA 49 (P.23) dan
48 (P.22A)

NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
42	66



Cross Section STA 47 (P.22)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 46 (P.21A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

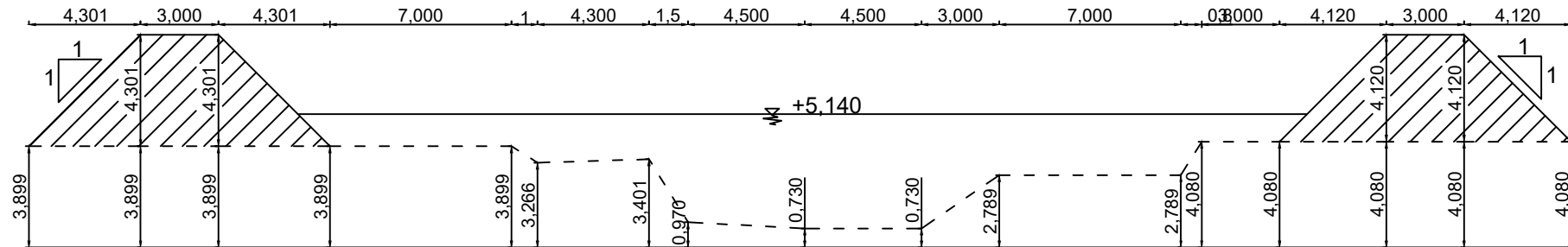
CROSS SECTION STA 47 (P.22) dan
46 (P.21A)

NO. LEMBAR

43

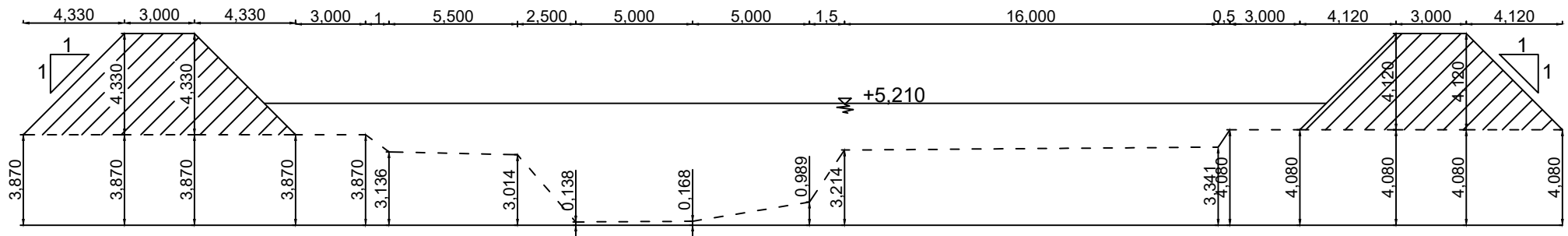
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 45 (P.21)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 44 (P.20A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

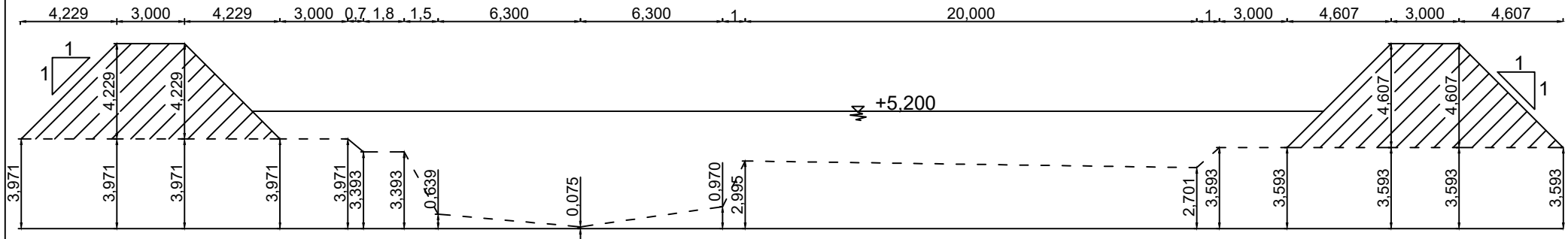
CROSS SECTION STA 45 (P.21) dan
44 (P.20A)

NO. LEMBAR

44

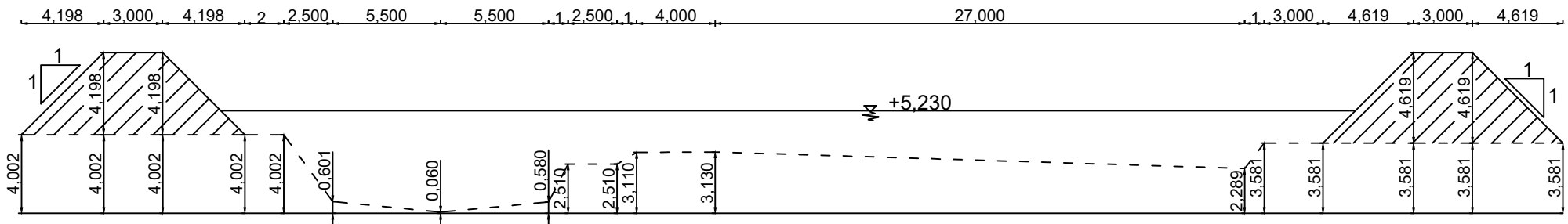
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 43 (P.20)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 42 (P.19A)

Skala 1:300 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

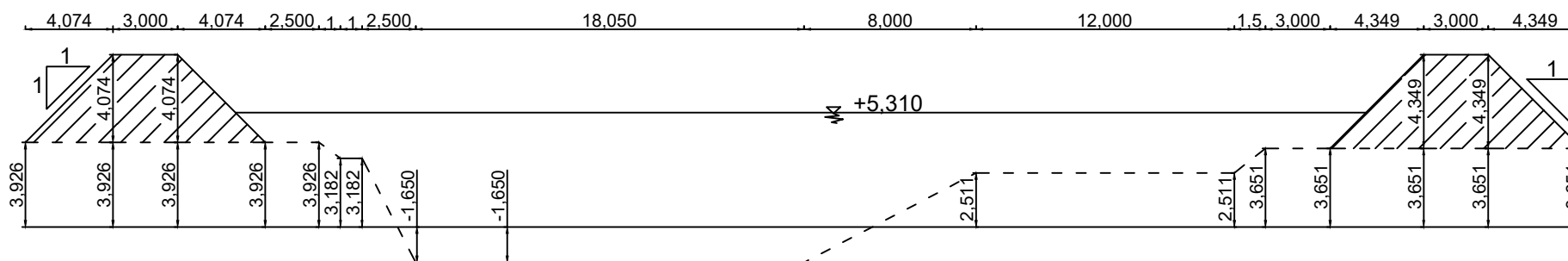
CROSS SECTION STA 43 (P.20) dan
42 (P.19A)

NO. LEMBAR

45

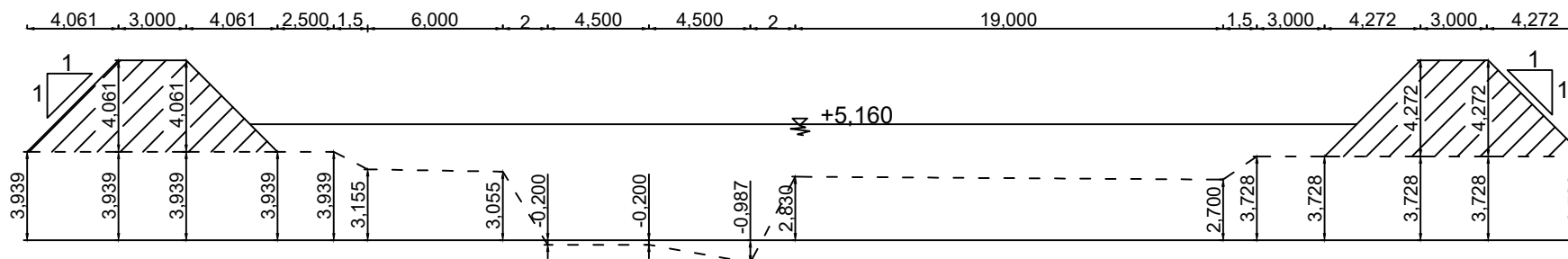
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 41 (P.19)

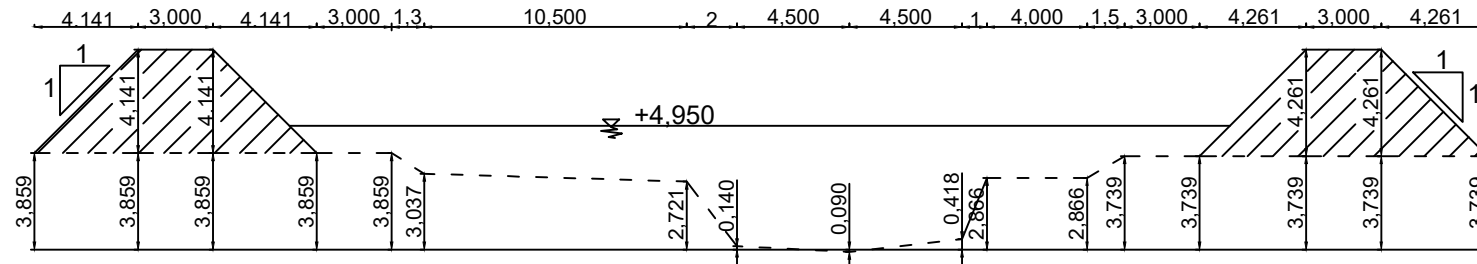
Skala 1:300 (satuan: m)



Cross Section STA 40 (P.18A)

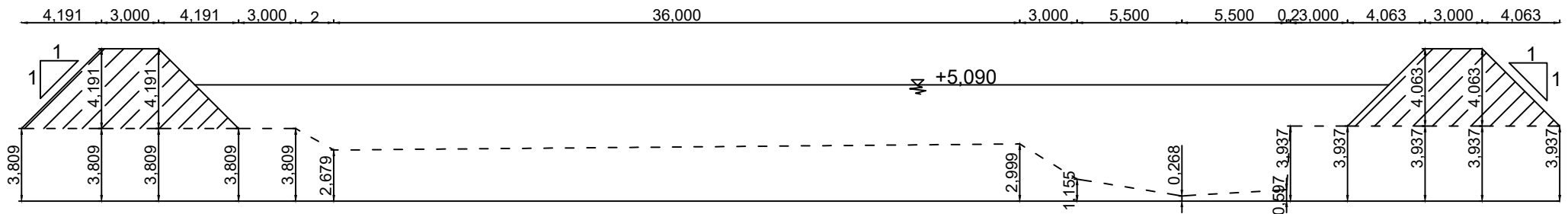
Skala 1:300 (satuan: m)

	JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	CROSS SECTION STA 41 (P.19) dan 40 (P.18A)	46	66



Cross Section STA 39 (P.18)

Skala 1:300 (satuan: m)



Cross Section STA 38 (P.17A)

Skala 1:300 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

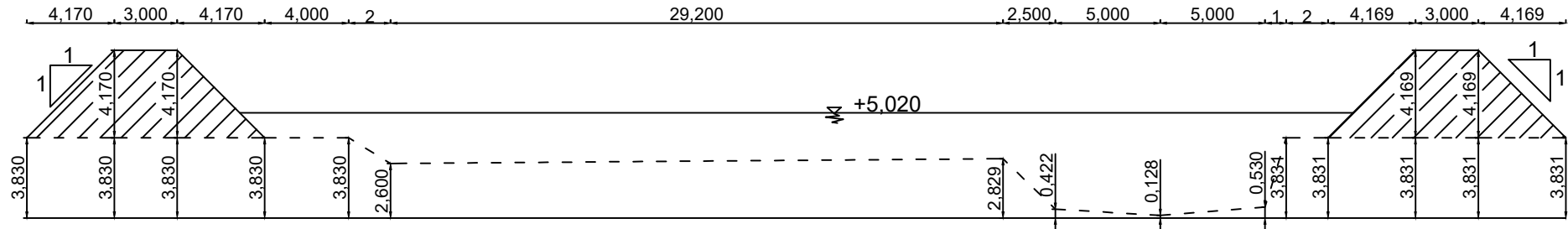
CROSS SECTION STA 39 (P.18) dan
38 (P.17A)

NO. LEMBAR

47

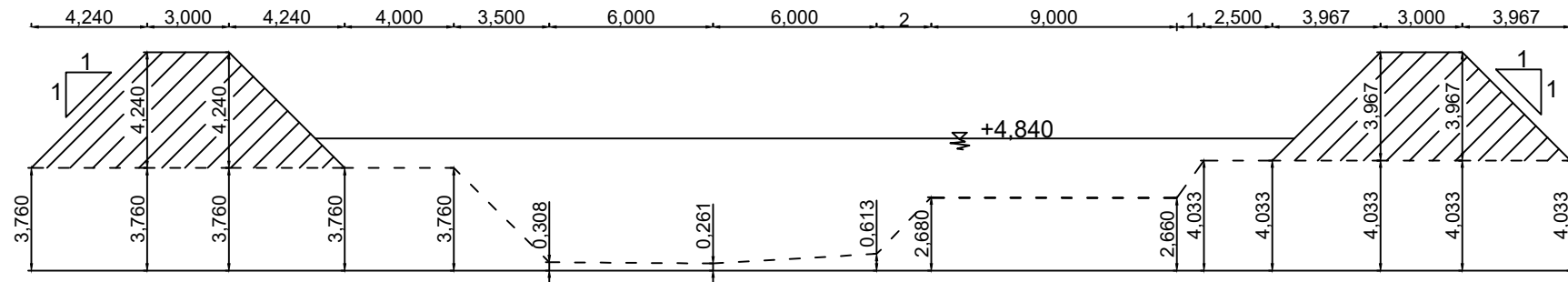
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 37 (P.17)

Skala 1:300 (satuan: m)



Cross Section STA 36 (P.16A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

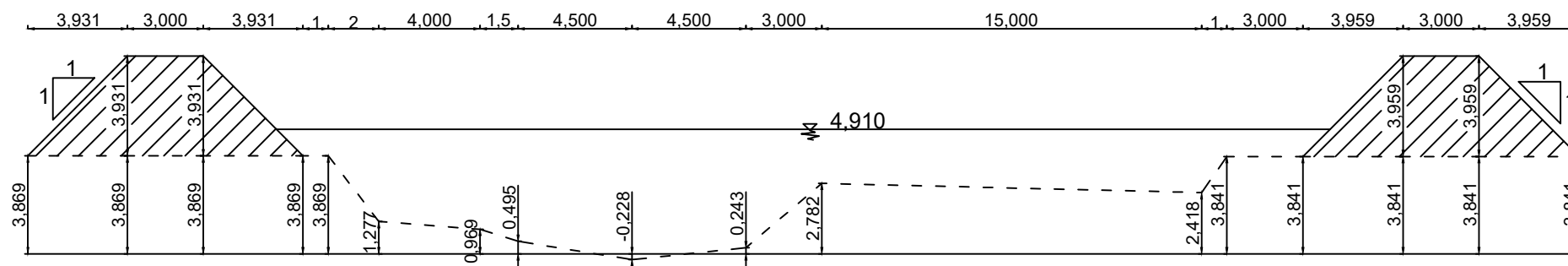
CROSS SECTION STA 37 (P.17) dan
36 (P.16A)

NO. LEMBAR

48

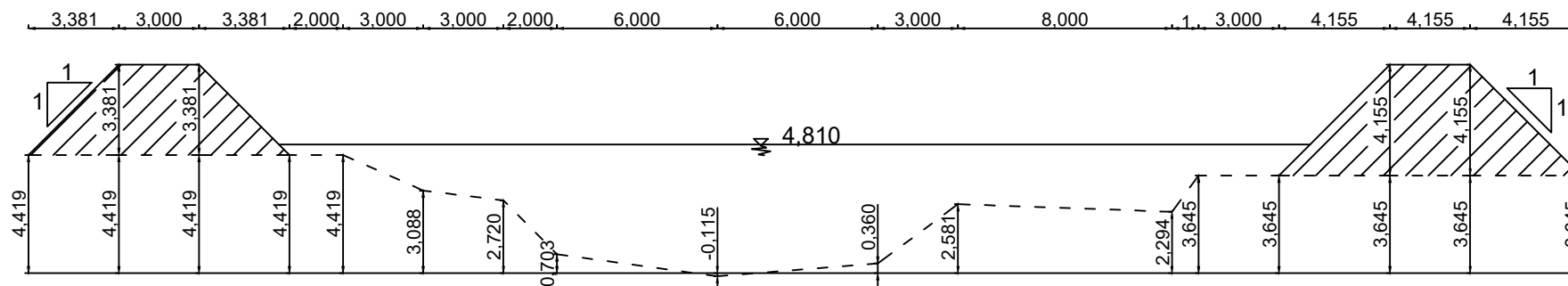
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 35 (P.16)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 34 (P.15A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

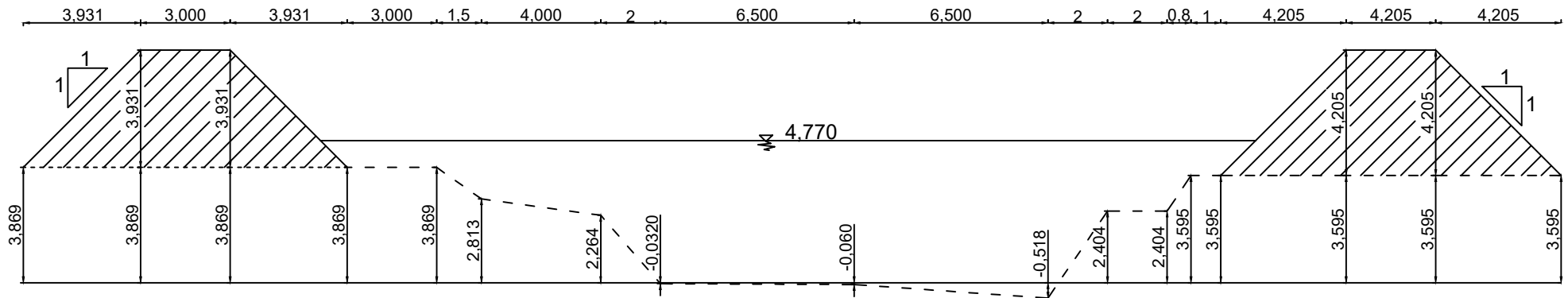
CROSS SECTION STA 35 (P.16) dan
34 (P.15A)

NO. LEMBAR

49

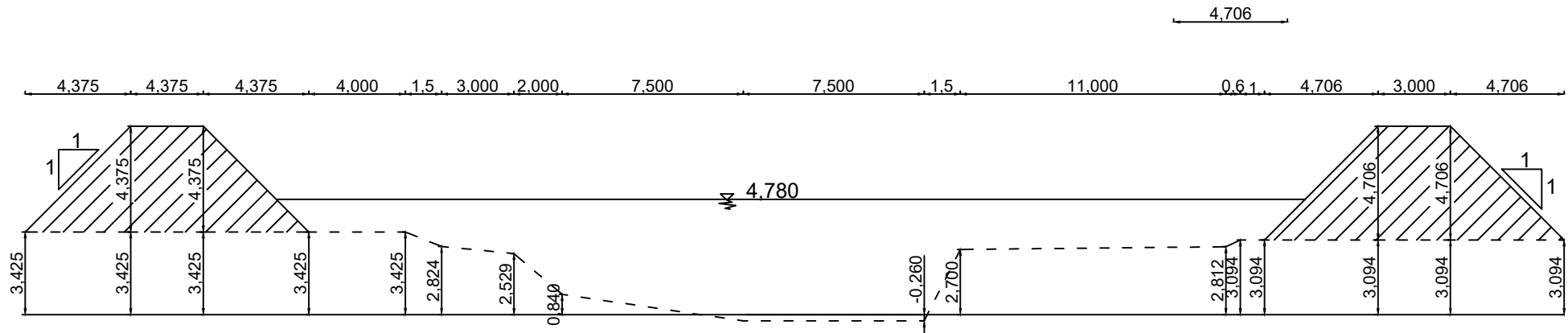
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 33 (P.15)

Skala 1:200 (satuan: m)



Cross Section STA 32 (P.14A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR


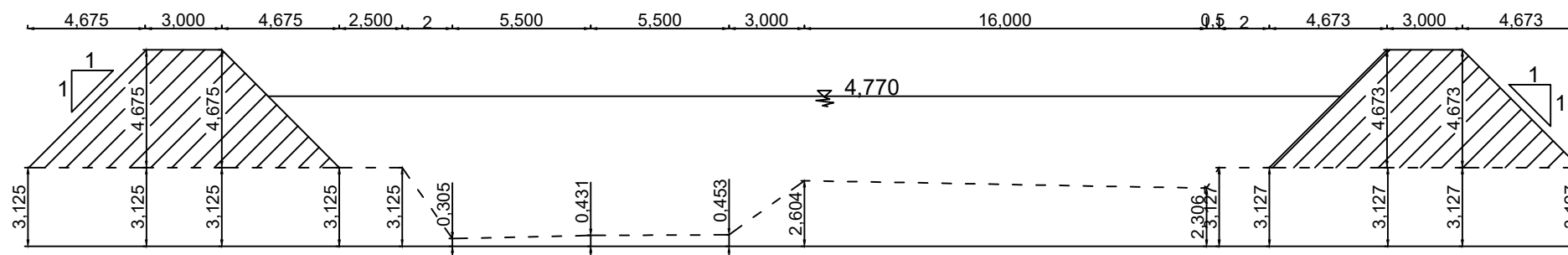
CROSS SECTION STA 33 (P.15) dan
32 (P.14A)

NO. LEMBAR


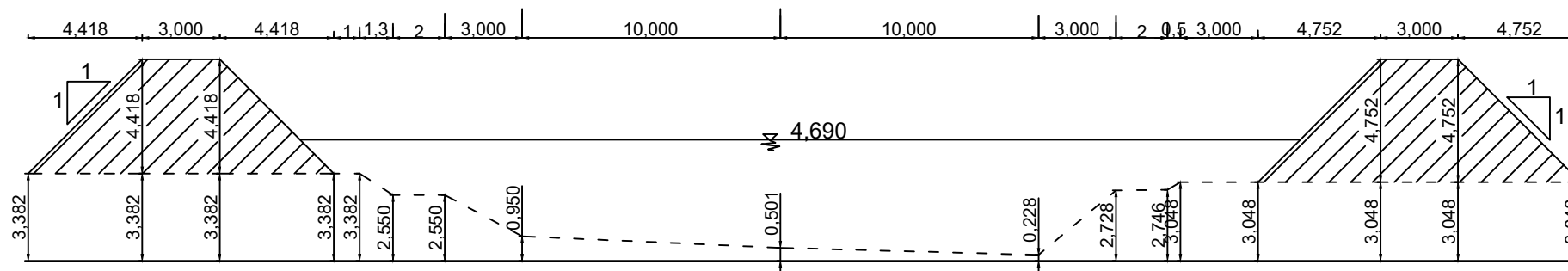
50

JML. LEMBAR


66

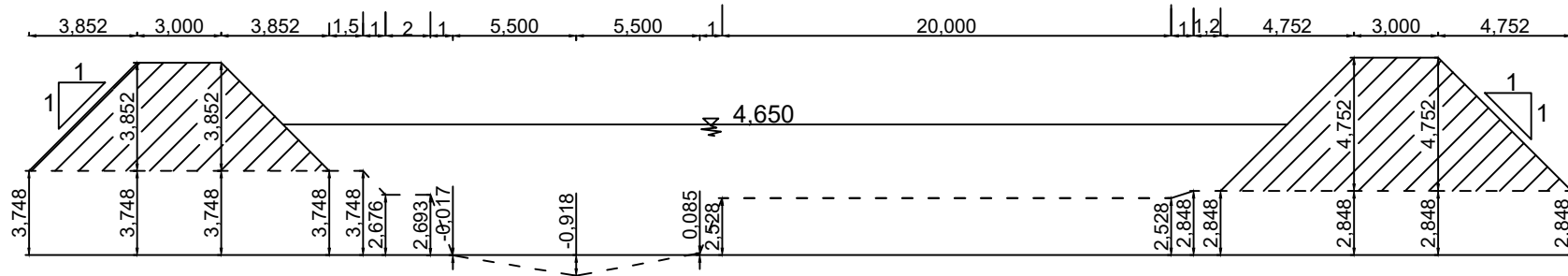


Cross Section STA 31 (P.14)
Skala 1:250 (satuan: m)



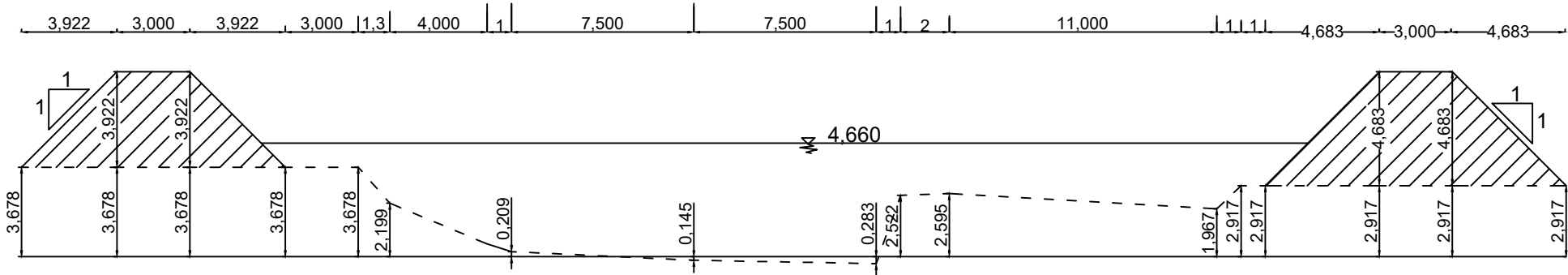
Cross Section STA 30 (P.13A)
Skala 1:250 (satuan: m)

	<p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		<p>PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR</p>	<p>Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.</p>	<p><i>CROSS SECTION</i> STA 31 (P.14) dan 30 (P.13A)</p>	<p>51</p>	<p>66</p>



Cross Section STA 29 (P.13)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 28 (P.12A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

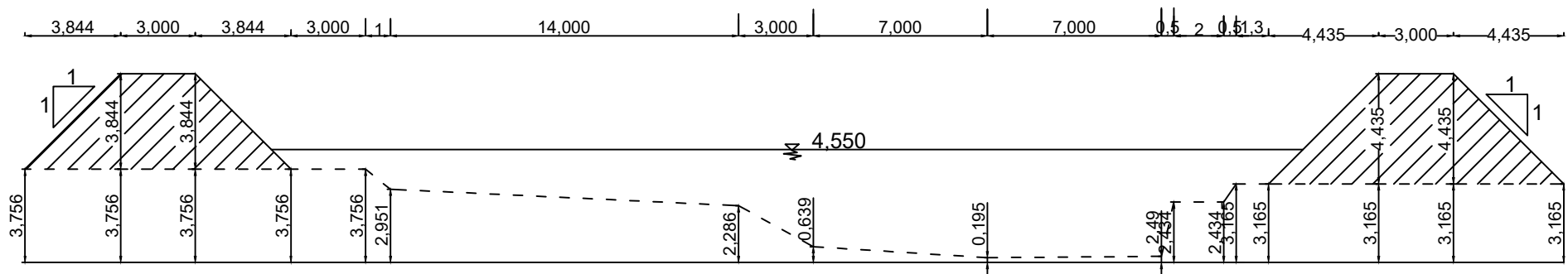
CROSS SECTION STA 29 (P.13) dan
28 (P.12A)

NO. LEMBAR

52

JML. LEMBAR

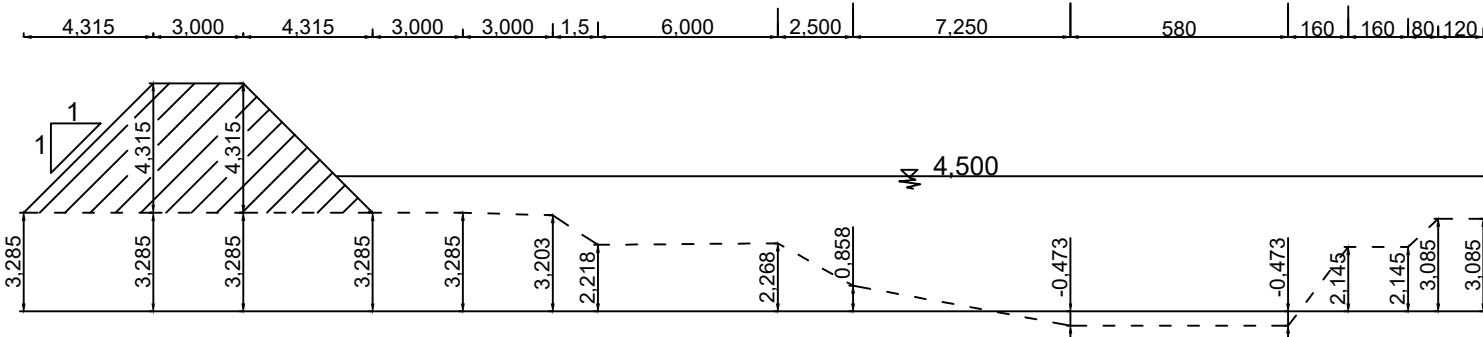
66



Cross Section STA 27 (P.12)

Skala 1:250 (satuan: m)

4,515



Cross Section STA 26 (P.11A)

Skala 1:200 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

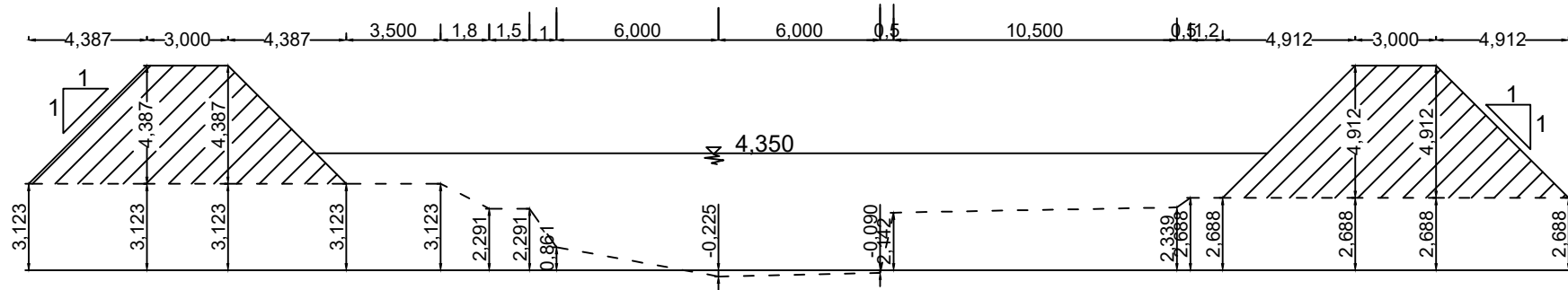
CROSS SECTION STA 27 (P.12) dan
26 (P.11A)

NO. LEMBAR

53

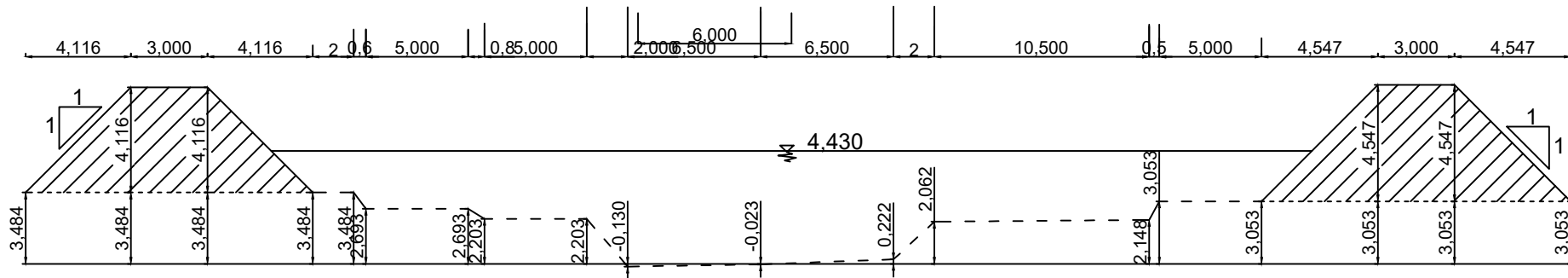
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 25 (P.11)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 24 (P.10A)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 25 (P.11) dan
24 (P.10A)

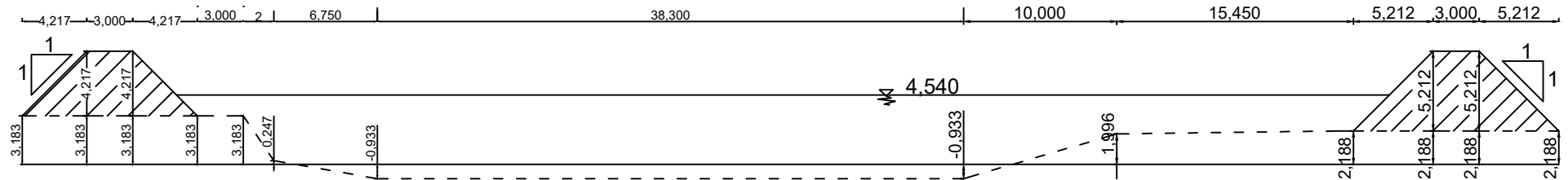
NO. LEMBAR

54

JML. LEMBAR

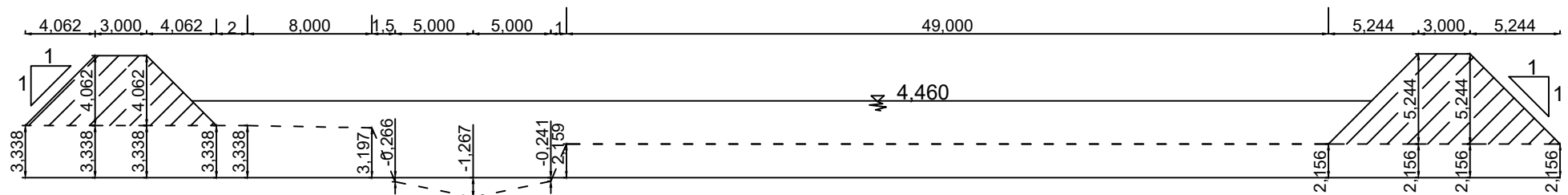
66

	<p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		<p>PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR</p>	<p>Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.</p>	<p><i>CROSS SECTION STA 23 (P.10) dan 22 (P.9B)</i></p>	<p>55</p>	<p>66</p>



Cross Section STA 21 (P.9A)

Skala 1:400 (satuan: m)



Cross Section STA 20 (P.9)

Skala 1:350 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 21 (P.9A) dan
20 (P.9)

NO. LEMBAR
56

JML. LEMBAR
66



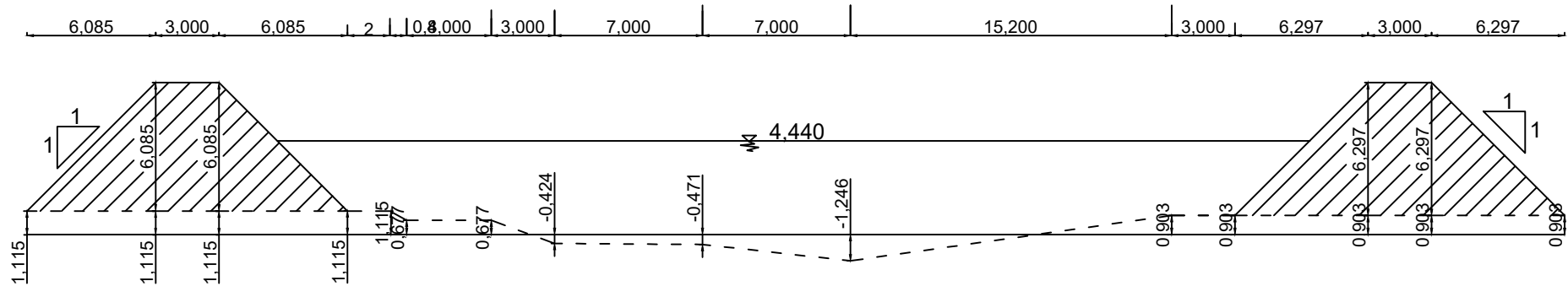
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 17 (P.8A) dan
16 (P.8)

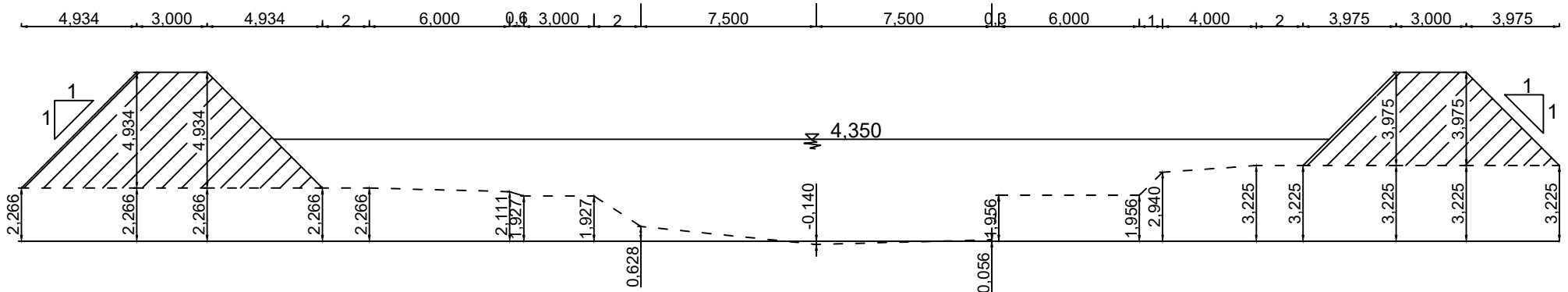
NO. LEMBAR
58

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 15 (P.7A)

Skala 1:300 (satuan: m)



Cross Section STA 14 (P.7)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

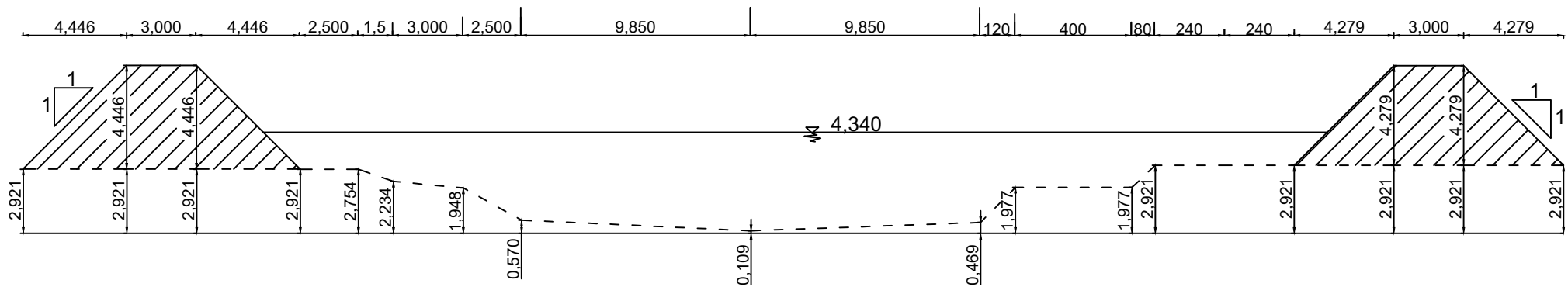
CROSS SECTION STA 15 (P.7A) dan
14 (P.7)

NO. LEMBAR

59

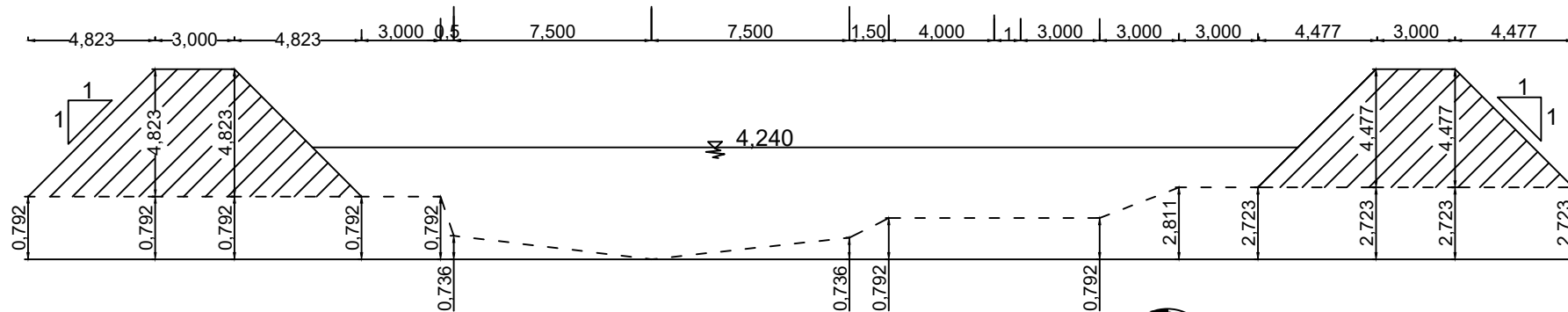
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 13 (P.6A)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 12 (P.6)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

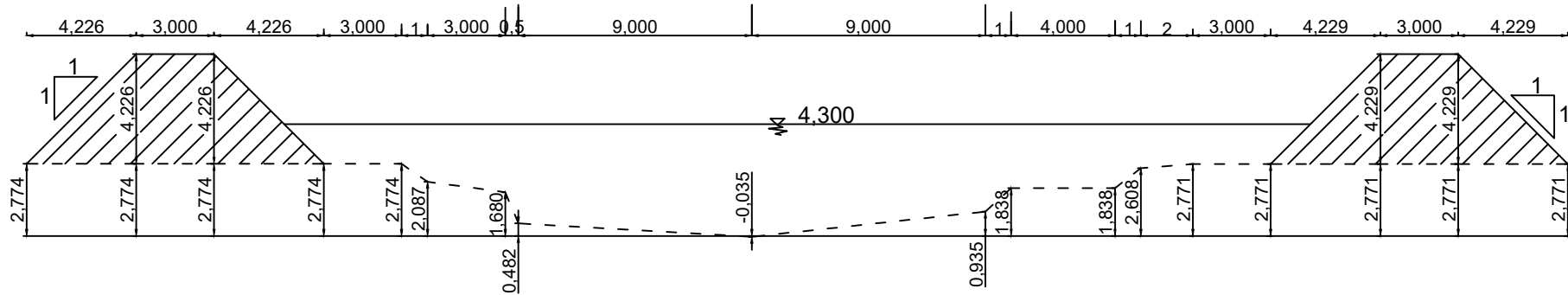
CROSS SECTION STA 13 (P.6A) dan
12 (P.6)

NO. LEMBAR

60

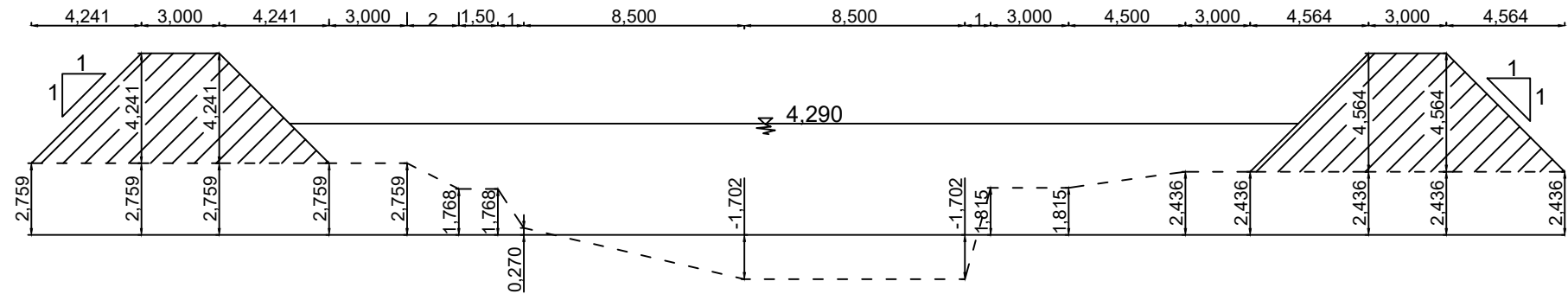
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 11 (P.5A)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 10 (P.5)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

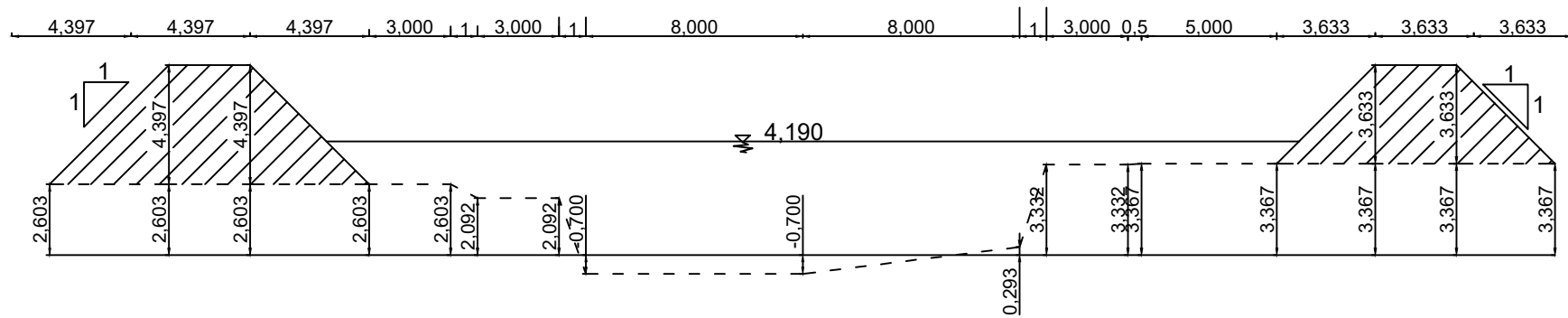
CROSS SECTION STA 11 (P.5A) dan
10 (P.5)

NO. LEMBAR

61

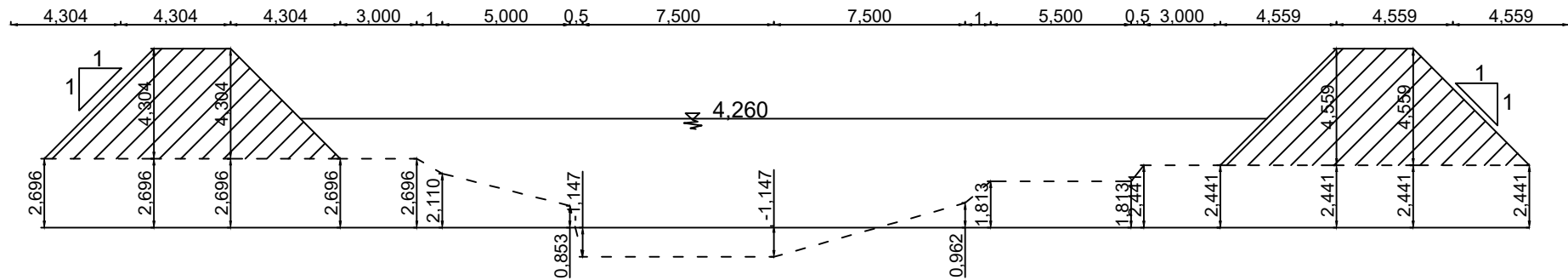
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 9 (P.4A)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 8 (P.4)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

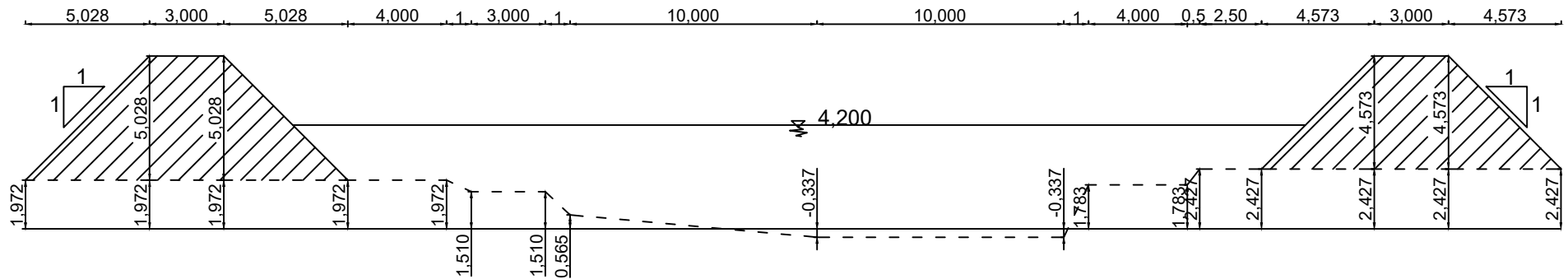
CROSS SECTION STA 9 (P.4A) dan 8
(P.4)

NO. LEMBAR

62

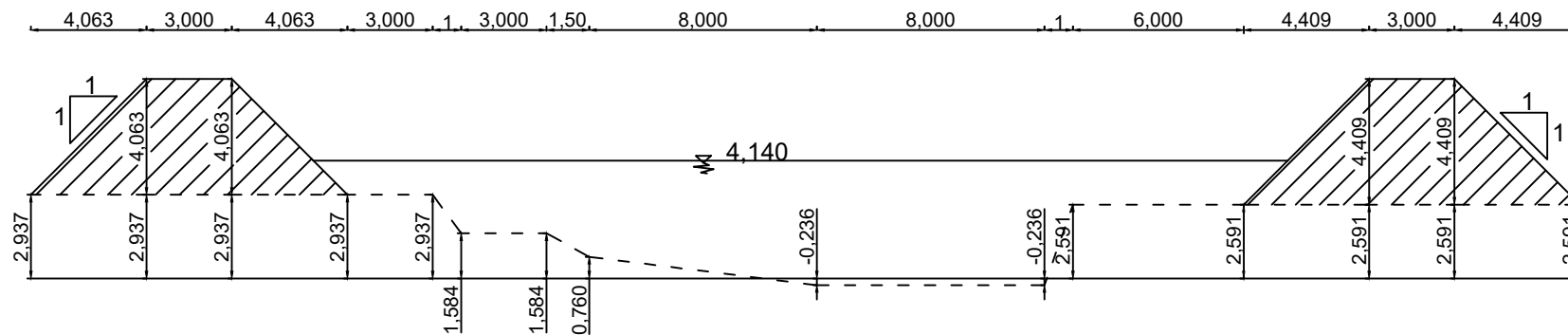
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 7 (P.3A)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 6 (P.3)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

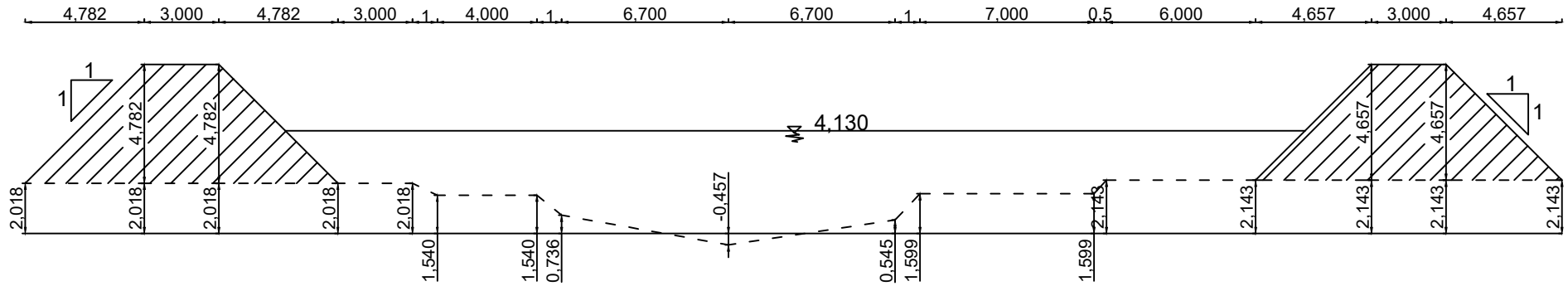
CROSS SECTION STA 7 (P.3A) dan 6
(P.3)

NO. LEMBAR

63

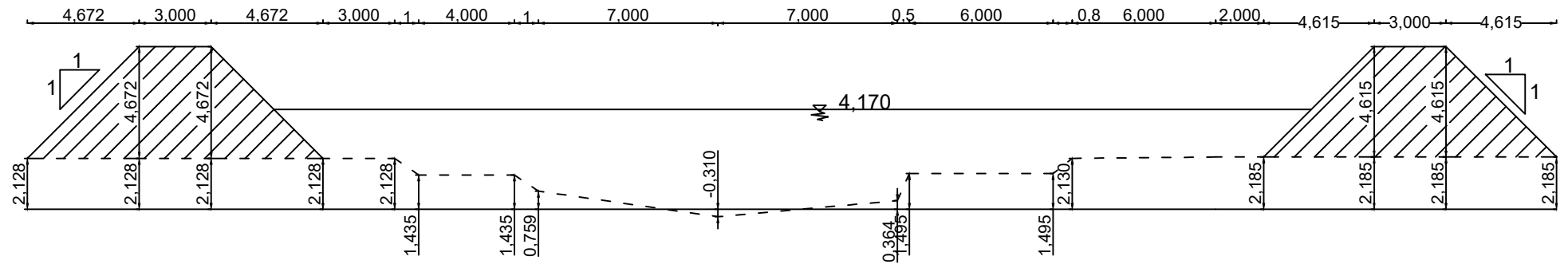
JML. LEMBAR

66



Cross Section STA 5 (P.2A)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 4 (P.2)

Skala 1:250 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

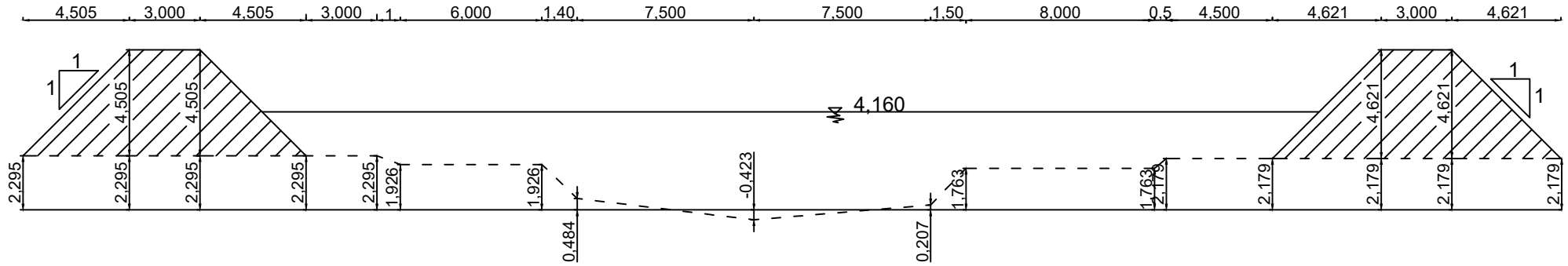
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 5 (P.2A) dan 4
(P.2)

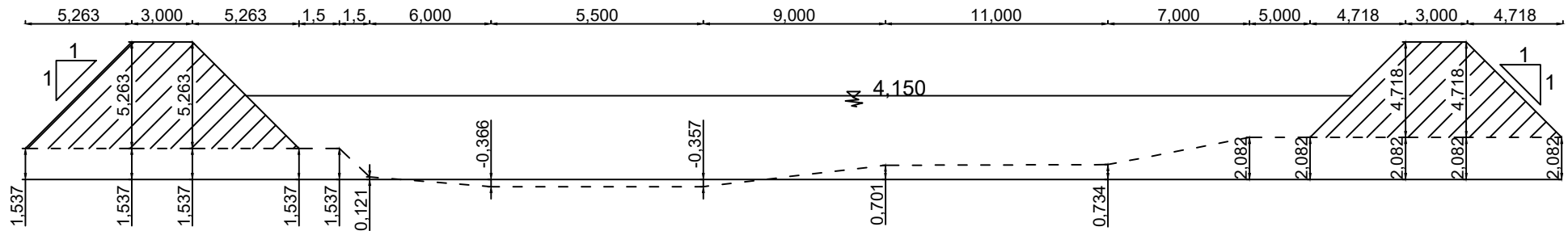
NO. LEMBAR
64

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 3 (P.1A)

Skala 1:250 (satuan: m)



Cross Section STA 2 (P.1)

Skala 1:300 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

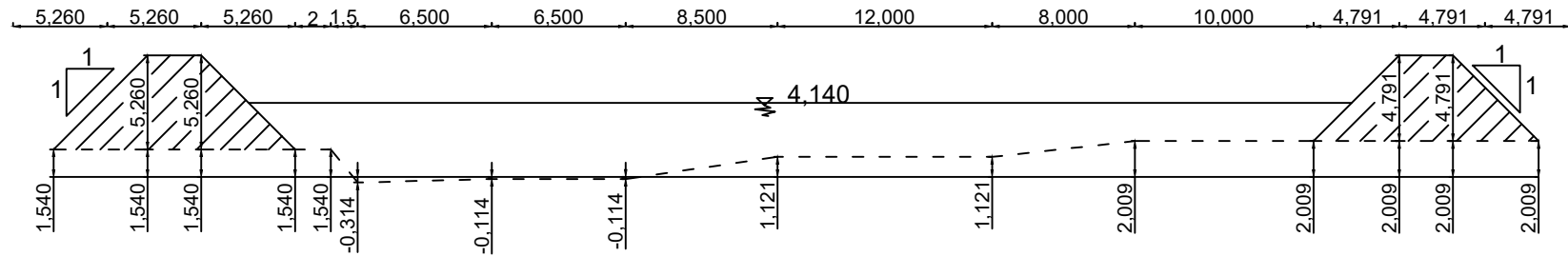
JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING
Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR
CROSS SECTION STA 3 (P.1A) dan 2
(P.1)

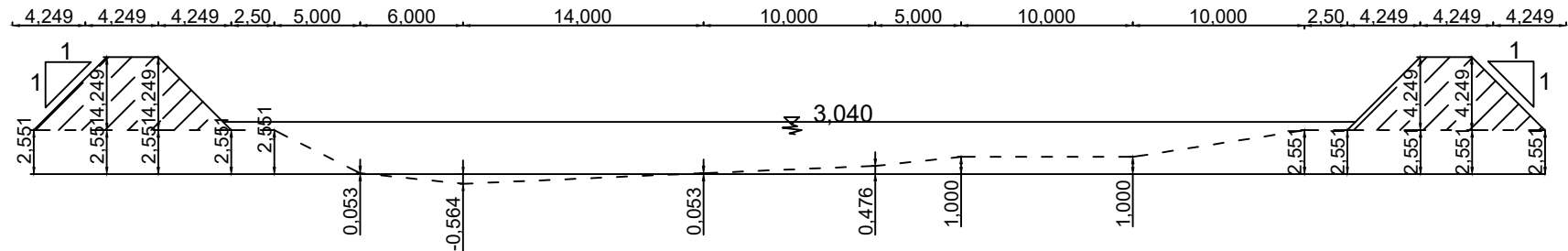
NO. LEMBAR
65

JML. LEMBAR
66



Cross Section STA 1 (P.OA)

Skala 1:400 (satuan: m)



Cross Section STA 0 (P.O)

Skala 1:400 (satuan: m)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN
PENANGGULANGAN BANJIR
AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG,
KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

JUDUL GAMBAR

CROSS SECTION STA 1 (P.OA) dan 0
(P.O)

NO. LEMBAR

66

JML. LEMBAR

66



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284





NAMA PEMBIMBING	: Dr. Techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.
NAMA MAHASISWA	: ANINDA RAHMANINGTYAS
NRP	: 3113100014
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 011607/IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	27 Feb '17	Poligon thiesen dan distribusi hujan	Langsung uji Chi-square dan smirnov jika parameter CS, CV dan CK tidak jelas sumbernya	
2.	3 Maret '17	Menghitung distribusi hujan dan dilakukan uji kecocokan untuk menentukan distribusi yang digunakan	- Mencari periode ulang kriteria sungai - Membuat DAS baru	
3.	17 Maret '17	Menghitung debit banjir rencana menggunakan metode Nakayasu	- Hasil perhitungan debit di cek kembali luas DAS dan panjang sungainya, karena nilai debit tidak wajar.	
4.	31 Maret '17	Pembetulan debit banjir rencana dengan metode Nakayasu.	- Debit sudah benar, kemudian dilakukan running HEC-RAS	
5.	14 April '17	Menunjukkan hasil pasang-surut dengan metode Admiralty	- Dibuatkan grafik pasang surut untuk mengetahui pasang tertinggi pada debit banjir rencana.	
6.	28 April '17	Menunjukkan running HEC-RAS karena ada beberapa error.	- Membetulan beberapa cross-section yang di input hanya main channel saja.	
7.	12 Mei '17	Menunjukkan cross section yang sudah dibenarkan.	- Ditambahkan station 500 atau 1000 ke kanan dan ke kiri di run tanpa jembatan.	
8.	29 Mei '17	Dipakai penambahan 1000 ke kanan dan 1000 ke kiri	- Dicoba periode ulang 2,5, dan 50 - Tidak digunakan pasang surut karena datum belum tentu sama	



Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111



NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9.	6 Juni '17	<p>- Menunjukkan hasil running HEC-RAS dengan periode 2.5, dan 10 sebagai pengganti pasang surut digunakan kemiringan rata-rata sungai</p> <p>Cek tanggul elwan ma banyi + tanggul jagan. gantung tanggul.</p>	<p>- Direncanakan tanggul dengan periode ulang 25 tahunan.</p>	 



Form AK/TA-04
rev01

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc
NAMA MAHASISWA	: ANINDA RAHMANINGTYAS
NRP	: 3113100014
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PENANGGULANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI PETUNG, KOTA PASURUAN, JAWA TIMUR
TANGGAL PROPOSAL	: 17 JANUARI 2017
NO.SP-MMTA	: 011607 /IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	20 Feb '17	Menunjukkan data pasang-surut yang diperoleh dari otoritas pelabuhan.	- Didah menggunakan metode Admiralty	
2.	9 Maret '17	Menunjukkan hasil tinggi hujan	- Direncanakan tinggi hujan dengan periode ulang 25 tahunan.	
3.	6 April '17	Menumpuk grafik hidrograf dengan grafik pasang-surut untuk mencari pasang tertinggi	- Digunakan waktu yang sama untuk running HEC-RAS (waktu hidrograf - pasang surut)	
4.	20 April '17	Menunjukkan running HEC-RAS yang tidak mau jalan	- Dicek kembali elevasi cross-section sungai dengan pasang-surut sama atau tidak.	
5.	1 Juni '17	Menunjukkan running HEC-RAS yang dapat berjalan dan menyimpulkan bahwa elevasi penampang sungai dengan pasang-surut titik acuannya belum tentu sama.	- Merencanakan penanggulangan banjir dengan tanggul.	
6.	13 Juni '17	Menunjukkan hasil run HEC-RAS beserta tanggul yang sudah direncanakan.		

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pasuruan, 16 April 1995, dengan nama lengkap Aninda Rahmaningtyas. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu SD Al-Kautsar, SMP Negeri 2 Pasuruan, SMA Negeri 1 Pasuruan. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Pasuruan, penulis mengikuti SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil ITS

Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113100014. Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai kepanitian dan kegiatan minat bakat. Kegiatan minat bakat yang diikuti antara lain tenis lapangan, futsal, basket, dan bulutangkis.

Email : anindarahmaningtyas1995@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”